

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE LUCES Y HUMO
AUTOMÁTICO, QUE DESCRIBA TRAYECTORIAS DEFINIDAS

GABRIEL HUMBERTO ROMO LARA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2007

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE LUCES Y HUMO
AUTOMÁTICO, QUE DESCRIBA TRAYECTORIAS DEFINIDAS

GABRIEL HUMBERTO ROMO LARA

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecatrónico

Director
DRAGO DUSSICH
Ingeniero Mecatrónico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2007

Nota de Aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado
en cumplimiento de los
requisitos exigidos por la
Universidad Autónoma de
Occidente para optar el título de
Ingeniero Mecatrónico

Ing. JIMMY TOMBÈ ANDRADE.
Jurado.

Ing. JUAN CARLOS MENA MORENO
Jurado.

Santiago de Cali, 14 de Junio de 2007

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS	13
1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
2. DESARROLLO DEL PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN	14
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	14
2.2 MERCADO PRIMARIO	14
2.3 MERCADO SECUNDARIO	14
2.4 PREMISAS Y RESTRICCIONES	14
2.5 PARTES IMPLICADAS	14
3. IDENTIFICACION DE NECESIDADES	15
3.1 OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS	15
3.1.1 Entrevistas personales	15
3.1.2 Obtención de necesidades por entrevistas a Grupos de enfoque	15
3.1.3 Observando el producto en funcionamiento	15
3.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS PRIMARIOS	16
3.3. ORGANIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	17
4. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO	18
4.1 NECESIDADES DEL CLIENTE	18
4.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES Y MEDIDAS	19
4.3 EVALUACIÓN DE NECESIDADES	20
4.4 EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE EN PRODUCTOS COMPETIDORES (BENCHMARKING)	21
4.5 ASIGNACIÓN DE VALORES MARGINALES E IDEALES	22
4.6 ASIGNACIÓN DE VALORES PREELIMINARES	23
4.7. CASA DE CALIDADES	24
4.8. PRODUCTO DE REFERENCIA	25
5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS	26
5.1 HUMATION	26
5.1.1 Inspección de la Caja Negra	26
5.1.2 Descomposición funcional	26
5.1.3. Generación de Conceptos de las Subfunciones	27
5.1.4. Árbol de Clasificación de Conceptos	28
5.1.5. Combinación de Conceptos	32
5.1.6. Conceptos	33
5.2. HMI	37
5.2.1. Inspección caja negra	37
5.2.2. Descomposición funcional	37

	Pág.
5.2.3. Generación de conceptos de las Subfunciones	38
5.2.4. Árbol de Clasificación de Conceptos	39
5.2.5. Combinación de Conceptos	42
5.2.6. Conceptos	42
6. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	45
6.1. HUMATION	45
6.1.1. Matriz de tamizaje de conceptos	45
6.1.2. Matriz de evaluación de conceptos	46
6.2 HMI	47
6.2.1. Matriz de tamizaje de conceptos	47
6.2.2. Matriz de evaluación de conceptos	48
6.3. CONCEPTOS SELECCIONADOS PARA DESARROLLO	48
6.4. ESPECIFICACIONES FINALES	49
7. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	50
7.1. ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	50
7.2 INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS FÍSICOS Y FUNCIONALES	51
7.3. ESQUEMA DEL PRODUCTO	52
7.4. IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES FUNDAMENTALES E INCIDENTALES	53
7.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	54
7.6. DISTRIBUCIÓN GEOMETRICA	55
7.6.1 Humation	55
7.6.2 HMI	56
7.7. ARQUITECTURA EN DIFERENTES NIVELES	56
8. DISEÑO INDUSTRIAL	57
8.1. VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL	57
8.1.1. Ergonómicas	57
8.1.2. Estéticas	58
8.1.3. Naturaleza del producto	59
8.2. IMPACTO DEL DISEÑO INDUSTRIAL	59
8.2.1 Interfases de usuario	59
8.2.2. Facilidades de mantenimiento y reparación	61
8.2.3. Uso apropiado de los recursos	61
8.2.4. Diferenciación del producto	61
8.3 EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL	62
8.3.1 Calidad de interfase de usuario	62
8.3.2 Requerimientos emocionales	63
8.3.3 Facilidades de Mantenimiento y Reparación	63
8.3.4. Uso apropiado de recursos	64
8.3.5. Valoración de la calidad del diseño industrial	64
9. DISEÑO PARA MANUFACTURA Y ENSAMBLE	65

	Pág.
9.1. ANÁLISIS DE DISEÑO PARA MANUFACTURA (DPM)	65
9.1.1. Lista de componentes	65
9.1.2. Impacto del DPM sobre otros factores	68
9.2. ANÁLISIS DEL DISEÑO PARA ENSAMBLE (DPE)	69
9.2.1. Reducción del costo de ensamble	69
9.2.2. Maximización de la facilidad del ensamble	69
9.3. REDUCCIÓN DEL COSTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	69
10. PROTOTIPADO	70
10.1. PROTOTIPOS UTILIZADOS Y SUS FUNCIONES	70
11. DISEÑO DETALLADO	71
11.1. DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMOS	71
11.2. SELECCIÓN DE MOTORES	71
11.2.1. Cálculos motor movimiento horizontal (Moto reductor)	71
11.2.2. Cálculos para el motor del giro vertical	73
11.3. ARQUITECTURA DE CONTROL Y DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE	76
11.3.1. Control de la HMI	76
11.3.2. Control de motores y luces	77
11.3.3. Sistema de control central	79
11.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	79
11.5. DESCRIPCIÓN DE SENSORES	81
11.6. RESULTADOS FINALES DEL DESARROLLO	83
11.6.1 Humation	83
11.6.2 HMI	85
12. CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	90

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Planteamiento de la misión	14
Cuadro 2. Interpretación de datos primarios	16
Cuadro 3. Organización de necesidades del cliente	18
Cuadro 4. Métricas y unidades	19
Cuadro 5. Necesidades del cliente vs. Métricas	20
Cuadro 6. Benchmarking	21
Cuadro 7. Valores Marginales e Ideales	22
Cuadro 8. Valores preliminares	23
Cuadro 9. Casa de calidades	24
Cuadro 10. Conceptos de subfunciones Humation	27
Cuadro 11. Descripción del concepto A	31
Cuadro 12. Descripción del concepto B	34
Cuadro 13. Descripción del concepto C	35
Cuadro 14. Descripción del concepto D	36
Cuadro 15. Conceptos de subfunciones HMI	38
Cuadro 16. Descripción del concepto A HMI	42
Cuadro 17. Descripción del concepto B HMI	43
Cuadro 18. Descripción del concepto C HMI	44
Cuadro 19. Descripción del concepto D HMI	44
Cuadro 20. Matriz de tamizaje de conceptos	45
Cuadro 21. Matiz de evaluación de conceptos	46
Cuadro 22. Matriz de tamizaje de conceptos de HMI	47
Cuadro 23. Descripción del concepto A+B. HMI	47
Cuadro 24. Matiz de evaluación de conceptos HMI	48
Cuadro 25. Conceptos Finales	48
Cuadro 26. Valores finales	49
Cuadro 27. Lista de componentes	65
Cuadro 28. Relación voltaje, velocidad y ángulo del sistema motor hélice	73
Cuadro 29. Reglas del controlador difuso	78
Cuadro 30. Condiciones de operación del sensor E4P	82
Cuadro 31. Distribución de pines sensor E4P	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Maquina de humo BULLFOG	25
Figura 2. Diagrama de Caja negra Humation	26
Figura 3. Descomposición funcional Humation	26
Figura 4. (Árbol a.) Opciones de actuadores para ángulo y giro	28
Figura 5. (Árbol b.) Plataforma para esparcir humo	28
Figura 6. (Árbol c.) Opciones de Transmisión de datos	29
Figura 7. (Árbol d.) Transmisión de energía hacia plataforma	29
Figura 8. (Árbol e.) Opciones de sensores	30
Figura 9. (Árbol f.) Procesadores y modos de procesamiento de datos	30
Figura 10. (Árbol g.) Opciones de fuentes de luz	31
Figura 11. Combinación de conceptos Humation	32
Figura 12. Diagrama de Caja Negra HMI	37
Figura 13. Descomposición Funcional HMI	37
Figura 14. (Árbol A) Opciones de almacenamiento de energía	39
Figura 15. (Árbol B) Opciones de panel de control	39
Figura 16. (Árbol C) Opciones de recepción y transmisión de datos	40
Figura 17. (Árbol D) Opciones de procesamiento de datos y señales	40
Figura 18. (Árbol E) Opciones de visualización de datos	40
Figura 19. (Árbol F) Opciones de Acondicionamiento de energía eléctrica a lumínica	41
Figura 20. (Árbol G) Opciones de Carcasa	41
Figura 21. Combinación de conceptos HMI	42
Figura 22. Interacciones entre elementos físicos y funcionales	51
Figura 23. Esquema general del Producto por bloques funcionales (Chunks.)	52
Figura 24. Interacciones fundamentales e incidentales	53
Figura 25. Distribución geométrica Humation	55
Figura 26. Distribución geométrica HMI	56
Figura 27. Evaluación de las necesidades Ergonómicas	57
Figura 28. Evaluación de las necesidades Estéticas	58
Figura 29. Flecha de naturaleza del producto	59
Figura 30. Descripción HMI	60
Figura 31. Evaluación de la calidad de la interfase del producto	62
Figura 32. Evaluación de la calidad de los requerimientos emocionales	63
Figura 33. Evaluación de la facilidad de mantenimiento y reparación	63
Figura 34. Evaluación de la calidad del uso apropiado de los recursos	64
Figura 35. Evaluación de la calidad del diseño industrial	64

	Pág.
Figura 36. Diagrama de cuerpo libre movimiento en el horizonte	72
Figura 37. Experimento placa ventilador	73
Figura 38. Relación entre el voltaje aplicado al motor y la velocidad de la hélice	74
Figura 39. Relación entre el ángulo de la placa y la velocidad de giro de la hélice	74
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre placa ventilador	75
Figura 41. Diagrama de cuerpo libre Barra. (Giro en el vértice)	76
Figura 42. Caja negra del Control HMI	77
Figura 43. Caja negra del Control de Motores	78
Figura 44. Bucle de Control de Motores	78
Figura 45. Particiones controlador difuso	79
Figura 46. Caja negra del Control Central	79
Figura 47. Esquemático del cargador de la HMI	81
Figura 48. Imagen virtual del sistema Humation	83
Figura 49. Fotografía del sistema Humation	84
Figura 50. Imagen virtual de la interfase de usuario	85
Figura 51. Fotografía de la interfase de usuario	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Planos de despiece	90
Anexo B. Planos de ensamble	120
Anexo C. Planos eléctricos	121
Anexo D. Datos de dispositivos	127

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es el diseño y desarrollo de un sistema de luces y humo automático que describa trayectorias definidas, la cual se realizó siguiendo un modelo de diseño conocido como diseño concurrente, que facilita mediante su metodología la elaboración de productos pensados en la sinergia entre sus partes, dotando así el prototipo de un efectivo uso de recursos.

El prototipo está diseñado en cinco módulos. La toma y transporte del humo hacia el extremo del rotor, que se solucionó con acoples guía, los cuales permiten la rotación a la vez que conducen el humo a través de ellos. El rotor, encargado de soportar los motores, luces, cableado y circuitos tales como drivers reguladores y controlador de motores. Los controladores, que ejecutan las rutinas de mando y monitoreo de los motores, las secuencias lumínicas, la válvula de humo y la velocidad. El módulo de potencia, encargado de alimentar los motores y luces. El control de mando que visualiza variables importantes para el usuario y el sistema, además de capturar los datos del usuario y enviarlos al módulo de control.

Durante el diseño se solucionaron dificultades como la conducción de energía desde la base hacia los circuitos ubicados en el rotor con un doble juego de balineras además se solucionó la transmisión de datos mediante la implementación de módulos de radio frecuencia.

La apariencia física y el acabado final fueron puntos importantes en el diseño del prototipo, procurando siempre que los conceptos fueran coherentes con la utilidad para la cual fue pensado y concebido.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo fundamental el diseño y desarrollo de un sistema de luces y humo automático, que describa trayectorias definidas. Esto impulsado por la necesidad de innovación que se hace presente en las discotecas y lugares de esparcimiento relacionados con el baile y la música, lugares en los cuales los efectos especiales luminosos llaman un gran número de consumidores, es aquí donde los esfuerzos de la ciencia y tecnología se unen con uno de los aportes más significativos de la cinematografía: Los efectos especiales, en especial los efectos electro mecánicos.

Se usará como herramienta una metodología de diseño concurrente, la cual concibe el producto desde las necesidades y requerimientos de los usuarios finales, además de tener muy presente las restricciones y la motivación del grupo de desarrollo como parte fundamental del éxito del desarrollo de un producto.

El proyecto pretende mostrar los diferentes alcances que se pueden obtener a partir de un conjunto de herramientas teóricas por un lado y la praxis por otro, lo cual solo se puede conseguir incluyendo variables como la investigación, la actualización, y la motivación personal, sin embargo, todo el esfuerzo debe responder también a una realidad dinámica y cambiante y a unas necesidades visibles en el medio, en donde finalmente tendrá validez el trabajo y la herramienta tecnológica para el entretenimiento.

En la actualidad, la ingeniería aporta significativamente en el diseño y desarrollo de productos encaminados al entretenimiento. Específicamente los efectos especiales, ofrecen a este mercado la oportunidad de innovar y utilizar recursos existentes a favor de los desarrollos tecnológicos, además, al ser un componente poco explorado en Colombia ofrece a los ingenieros un campo de acción amplio y con un nivel de demanda significativo.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un dispositivo Mecatrónico funcional y confiable, encaminado al entretenimiento y con la finalidad de ser comercializado.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comprender e identificar todo el proceso que realiza un aspersor de humo para discotecas.
- Introducir la estructura del copter (Por su capacidad de giro.) en la solución del problema.
- Resolver el problema que se presenta con el cableado al poner a girar continuamente una planta de este tipo.
- Tener en cuenta en el diseño la utilización de materiales y dispositivos estándares de fácil adquisición en el mercado local que permitan un fácil mantenimiento y reparación.
- Tener en cuenta procesos de manufactura económicos que permitan un escalado de producción medianamente alto.
- Realizar un diseño teniendo en cuenta la seguridad del consumidor final.
- Dotar de un HMI que permita al usuario tener información relevante y realizar cambios sobre el sistema, como por ejemplo: introducir nuevas trayectorias.

2. DESARROLLO DEL PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN

Cuadro 1. Planteamiento de la misión.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Sistema de luces y humo automático, con la capacidad de realizar rutinas predeterminadas
2.2 MERCADO PRIMARIO Discotecas de Cali.
2.3 MERCADO SECUNDARIO Tiendas de sistemas de audio y luces para discotecas.
2.4 PREMISAS Y RESTRICCIONES <ul style="list-style-type: none">• Aparato autónomo.• Con memoria para grabar secuencias• Posee interfaz, teclado display, para interactuar directamente con el Usuario.• Resistente al uso intensivo.• Consta de una interfase sencilla de manejar.• Esta compuesto por componentes de fácil adquisición a nivel nacional.
2.5 PARTES IMPLICADAS <ul style="list-style-type: none">• Distribuidores de partes eléctricas, electrónicas y mecánicas• Personal de Producción de prototipo• Director de tesis.• Laboratorio Universidad Autónoma de Occidente

3. IDENTIFICACION DE NECESIDADES

3.1 OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS

3.1.1 Entrevistas personales.

- Punto 1. "Que sea resistente a Golpes No intencionales"
- Punto 2. "Que el aparato sea agradable a la vista"
- Punto 3. "Que no sea costoso"
- Punto 4. "Que sea de fácil mantenimiento"
- Punto 5. "Que sea liviano y de tamaño adecuado"
- Punto 6. "Que me permita elegir el orden de los efectos"
- Punto 7. "Que me permita crear mis propios efectos"

3.1.2 Obtención de necesidades por entrevistas a Grupos de enfoque.

- Punto 8. "Que sea completamente seguro"
- Punto 9. "Que sea cómodo al instalar y desinstalar."
- Punto 10. "Que el aparato sea fácil de transportar."

3.1.3 Observando el producto en funcionamiento.

- Punto 11. "Que no haya que pararlo para cambiar el efecto."
- Punto 12. "Que no produzca vibraciones bruscas."
- Punto 13. "Que el sistema funcione bien independientemente de la temperatura del medio."
- Punto 14. "Que después de que desconecte el equipo el sistema me guarde los efectos creados."
- Punto 15. "Que se pueda usar durante una hora sin parar."
- Punto 16. "Que el consumo de potencia sea Bajo."
- Punto 17. "Que la interfaz con el usuario sea de uso intuitivo."
- Punto 18. "Que el aparato funcione por mucho tiempo sin necesidad de reparaciones."

3.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS PRIMARIOS

Cuadro 2. Interpretación de datos primarios.

No	Datos Primarios	Necesidades del Cliente
1	"Que sea resistente a Golpes No intencionales"	El producto funciona bien después de impactos.
2	"Que el aparato sea agradable a la vista"	El Producto es estético
3	"Que no sea costoso"	El Precio compite con productos de su clase.
4	"Que sea de fácil mantenimiento"	Producto cómodo para el mantenimiento.
5	"Que sea liviano y de tamaño adecuado"	El producto tendrá peso y medidas óptimas.
6	"Que me permita elegir el orden de los efectos"	El sistema proporciona facilidad en programación de efectos.
7	"Que permita crear efectos"	El sistema es programable.
8	"Que sea completamente seguro"	El equipo es seguro.
9	"Que sea cómodo al instalar y desinstalar."	Fácil instalación.
10	"Que el aparato sea fácil de transportar."	El producto será fácil de transportar.
11	"Que no halla que pararlo para cambiar el efecto."	Permite modificaciones de efectos durante el tiempo de ejecución.
12	"Que no produzca vibraciones bruscas"	El aparato esta protegido de averías por vibración.
13	"Que el sistema funcione bien independientemente de la temperatura del medio"	El sistema funciona en diferentes temperaturas.
14	"Que después de que desconecte el equipo el sistema me guarde los efectos creados."	Los datos en el sistema se mantienen aun después de un corte de energía.
15	"Que se pueda usar durante una hora sin parar."	El producto soporta largo tiempo en funcionamiento.
16	"Que el consumo de potencia sea Bajo."	El consumo del aparato es el mínimo.
17	"Que la interfaz con el usuario sea Fácil de utilizar."	El equipo posee interfaz de uso intuitivo.
18	"Que el aparato funcione por mucho tiempo sin necesidad de reparaciones."	El equipo es de larga duración.

3.3. ORGANIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

Atributos Físicos

El producto es estético. *****

El producto tendrá peso y medidas óptimas. ****

El equipo es seguro. *****

Funcionalidad

El sistema funciona bien en diferentes temperaturas. ***

Los datos en el sistema se mantienen aun después de un corte de energía. ***

El sistema proporciona facilidad en programación de efectos. ****

El sistema es programable. ****

Modificación de efectos en tiempo de ejecución. **

Manipulación

El equipo posee interfaz de uso intuitivo. *****

Fácil transportación. *

Fácil instalación. **

Durabilidad

El producto funciona bien después de impactos. *****

El equipo soporta largo tiempo de funcionamiento. *****

El aparato esta protegido de averías por vibración. ****

El equipo es de larga duración. ****

Mantenimiento/Economía

El Precio compite con productos de su clase. ***

Producto cómodo para el mantenimiento. ****

El consumo del aparato es mínimo. **

4. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO

4.1 NECESIDADES DEL CLIENTE

Cuadro 3. Organización de necesidades del cliente.

#	Tipo	Necesidades	IMP
1	Durabilidad.	El producto funciona bien después de impactos.	5
2	Atributo Físico.	El Producto es estético.	5
3	Mantenimiento/Economía	El Precio compite con productos de su clase.	3
4	Mantenimiento/Economía	Producto cómodo para el mantenimiento.	4
5	Atributo Físico.	El producto tiene peso y medidas óptimas.	4
6	Funcionalidad.	El sistema proporciona facilidad en programación de efectos.	4
7	Funcionalidad.	El sistema es programable.	4
8	Atributo Físico.	El equipo es seguro.	5
9	Manipulación.	Fácil instalación.	2
10	Manipulación.	El producto será fácil de transportar.	1
11	Funcionalidad.	Permite modificaciones de efectos durante el tiempo de ejecución.	2
12	Durabilidad.	El aparato esta protegido de averías por vibración.	4
13	Funcionalidad.	El sistema funciona en diferentes temperaturas.	3
14	Funcionalidad.	Los datos en el sistema se mantienen aun después de un corte de energía.	3
15	Durabilidad.	El producto soporta largo tiempo en funcionamiento.	5
16	Mantenimiento/Economía	El consumo del aparato es el mínimo.	2
17	Manipulación.	El equipo posee interfaz de uso intuitivo.	5
18	Durabilidad.	El equipo es de larga duración.	4

4.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES Y MEDIDAS

Cuadro 4. Métricas y unidades.

#	Necesidades	Métricas	IMP	Unidades
1	2	Estética.	5	Subjetiva
2	3,4,16,18	Costo.	3	\$
3	12	Ruido.	4	DB
4	5,10	Peso.	4	Kg.
5	1,8,9,12	Ensamble seguro.	5	Binaria
6	16	Consumo de potencia.	2	W
7	5,10	Dimensiones.	4	cm.
8	6,7,11,13,14,17	Operación.	5	Subjetivo.
9	6,7,14	Memoria.	4	KB
10	13	Temperatura.	3	°C
11	1,15,18	Durabilidad.	4	Años

4.3 EVALUACIÓN DE NECESIDADES

Cuadro 5. Necesidades del cliente vs. Métricas.

		IMP	Muy importante→9 Importante→5 Medianamente importante→3										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Necesidades			Estética	Costo	Ruido	Peso	Ensamble seguro	Consumo de potencia	Dimension	Operación	Memoria	Temperatura	Durabilidad
1	El producto funciona bien después de impactos.	5					5						5
2	El Producto es estético	5	9										
3	El Precio compite con productos de su clase.	3		5									
4	Producto cómodo para el mantenimiento.	4		5									
5	El producto tendrá peso y medidas óptimas.	4				9			5				
6	Proporciona facilidad en programación de efectos.	4								9	5		
7	El sistema es programable.	4								5	5		
8	El equipo es seguro.	5					9						
9	Fácil instalación.	2					5						
10	El producto será fácil de transportar.	1				3			3				
11	Permite modificaciones de efectos durante la ejecución.	2								3			
12	El aparato esta protegido de averías por vibración.	4			5		9						
13	El sistema funciona en diferentes temperaturas.	3								5		9	
14	Los datos se mantienen después de un corte de energía.	3								9	9		
15	El producto soporta largo tiempo en funcionamiento.	5											9
16	El consumo del aparato es el mínimo.	2		3				3					
17	El equipo posee interfaz de uso intuitivo.	5								9			
18	El equipo es de larga duración.	4		5									5
	TOTAL 643		45	61	20	39	116	6	23	149	67	27	90
	Total %		7	9.49	3.11	6.06	18.04	0.93	3.58	23.17	10.42	4.20	13.99

4.4 EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE EN PRODUCTOS COMPETIDORES (BENCHMARKING)

Cuadro 6. Benchmarking.

		1	2	3	4
		Expansion turbine: 11000010	Spot 250 RC-2109	American audio fog storm 1700	American audio BULLFOG
1	El producto funciona bien después de impactos.	5	***	***	****
2	El Producto es estético	5	**	*****	**
3	El Precio compite con productos de su clase.	3	***	****	***
4	Producto cómodo para el mantenimiento.	4	***	****	***
5	El producto tendrá peso y medidas óptimas.	4	****	****	***
6	El sistema proporciona facilidad en programación de efectos.	4	**	****	*
7	El sistema es programable.	4	*	***	*
8	El equipo es seguro.	5	****	*****	***
9	Fácil instalación.	2	*****	*****	***
10	El producto es fácil de transportar.	1	****	***	***
11	Permite modificaciones de efectos durante el tiempo de ejecución.	2	***	***	*
12	El aparato esta protegido de averías por vibración.	4	***	****	*****
13	El sistema funciona en diferentes temperaturas.	3	****	***	***
14	Los datos en el sistema se mantienen aun después de un corte de energía.	3	N A	****	N A
15	El producto soporta largo tiempo en funcionamiento.	5	*****	****	***
16	El consumo del aparato es el mínimo.	2	***	**	*
17	El equipo posee interfaz de uso intuitivo.	5	****	***	****
18	El equipo es de larga duración.	4	****	***	****

4.5 ASIGNACIÓN DE VALORES MARGINALES E IDEALES

Cuadro 7. Valores Marginales e Ideales.

	Necesidades	Métricas	Unidades	Valores marginales	Valores ideales
1	2	Estética	Subjetiva	3	5
2	3,4,16,18	Costo	\$	4'000.000 *	2'500.000
3	12	Ruido	DB	70	0
4	1,5,10	Peso	Kg.	30 *	15
5	8,9,12	Ensamble seguro	Binaria	si	si
6	16	Consumo de potencia	W	200	70
7	5,10	Dimensiones ALT/ LAR/ ANCH	cm.	75/70/75	50/65/65
8	6,7,11,13,14, 17	Operación	Subjetivo.	3	5
9	6,7,14	Memoria	Bytes	128	256
10	13	Temperatura	°C	20 a 40	10 a 55
11	1,15,18	Durabilidad	Años	1	5

* Valor estimado generado de la comparación con los competidores.

4.6 ASIGNACIÓN DE VALORES PREELIMINARES

Cuadro 8. Valores preliminares.

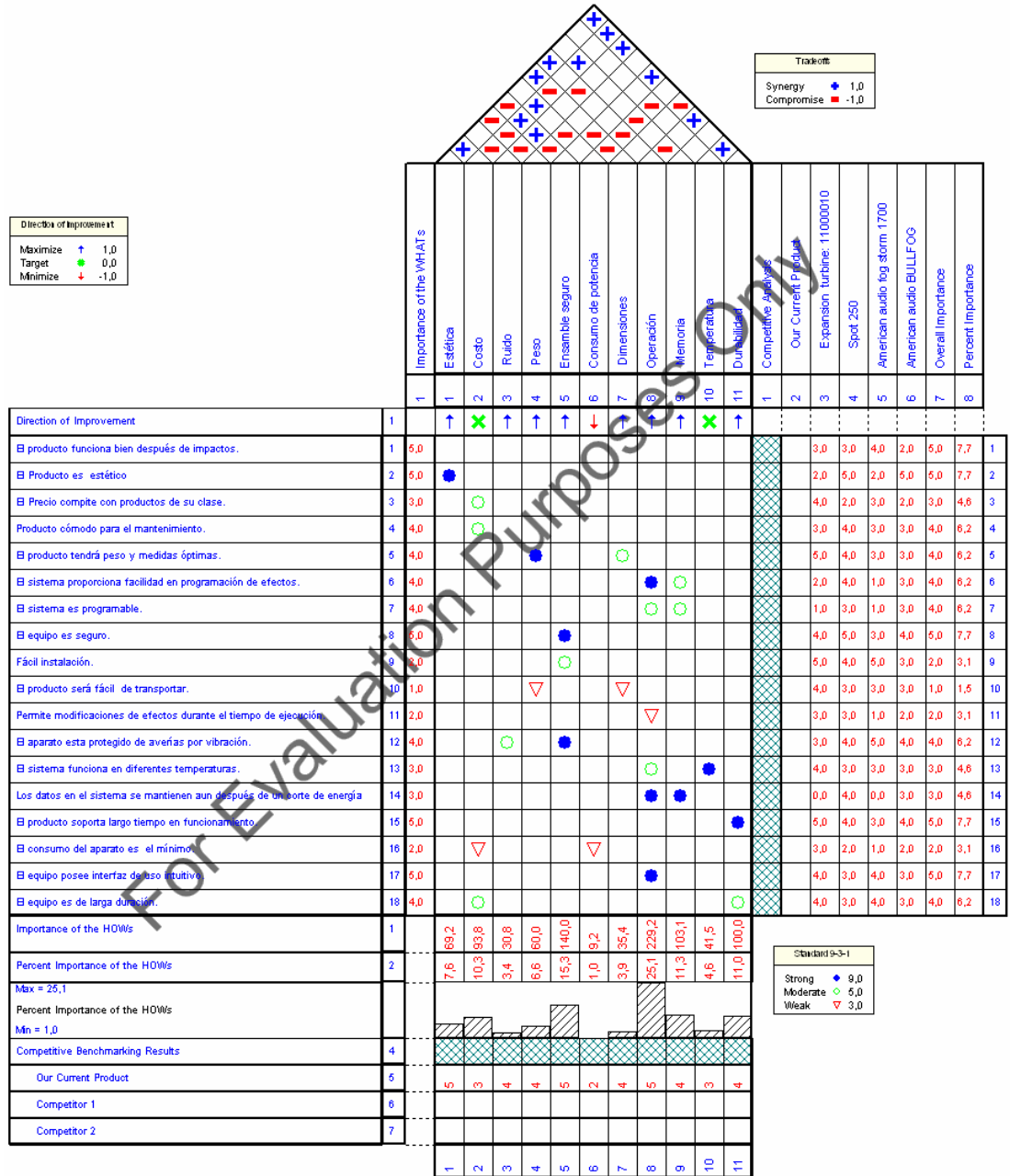
	Necesidades	Métricas	Unidades	Valores Preliminares
1	2	Estética	Subjetiva	5
2	3,4,16,18	Costo	\$	3'000.000
3	12	Ruido	DB	<=60*
4	5,10	Peso	Kg.	18
5	1,8,9,12	Ensamble seguro	Binaria	si
6	16	Consumo de potencia	W	110
7	5,10	Dimensiones. AL/ LA/ AN	cm.	70/65/70
8	6,7,11,13,14,17	Facilidad de Operación	Subjetivo	5
9	6,7,14	Memoria	Bytes	256
10	13	Temperatura	°C	10 a 55
11	1,15,18	Durabilidad	Años	5

* Este valor es aproximadamente el nivel de sonido de un ventilador o aire acondicionado.¹

¹ Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea]. Florida: wikipedia Foundation, 2006 [consultado 03 Mayo de 2007]. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>

4.7. CASA DE CALIDADES

Cuadro 9. Casa de calidades.



4.8. PRODUCTO DE REFERENCIA

El producto BULLFOG de American Audio fue escogido como referencia gracias a que sus especificaciones y funciones, son en algunos puntos similares al los del proyecto que se desarrolla.

La BULLFOG Consta de un cabezal móvil que soporta el expulsor de humo dotando así la maquina con la capacidad de esparcir el humo en diferentes direcciones, tiene un mando a distancia alambrico desde el cual se pueden controlar La abertura de la válvula, giro en el plano horizontal, inclinación en el plano vertical y secuencias pregrabadas.

- El giro horizontal cubre 540°, y el vertical 280°.
- El disparo de humo alcanza los 7 metros, lo que permite un área de cobertura de 7 x 7 x 7 metros.
- El tiempo de precalentamiento es de unos 5 minutos
- El caudal de salida: 250 metros cúbicos por minuto.
- Dimensiones: 320 x 400 x 450 Mm.
- Peso: 15 Kg.
- Voltaje 250V 50 Hz.
- Consumo de potencia 1400 W.

Figura 1. Maquina de humo BULLFOG



5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

5.1 HUMATION

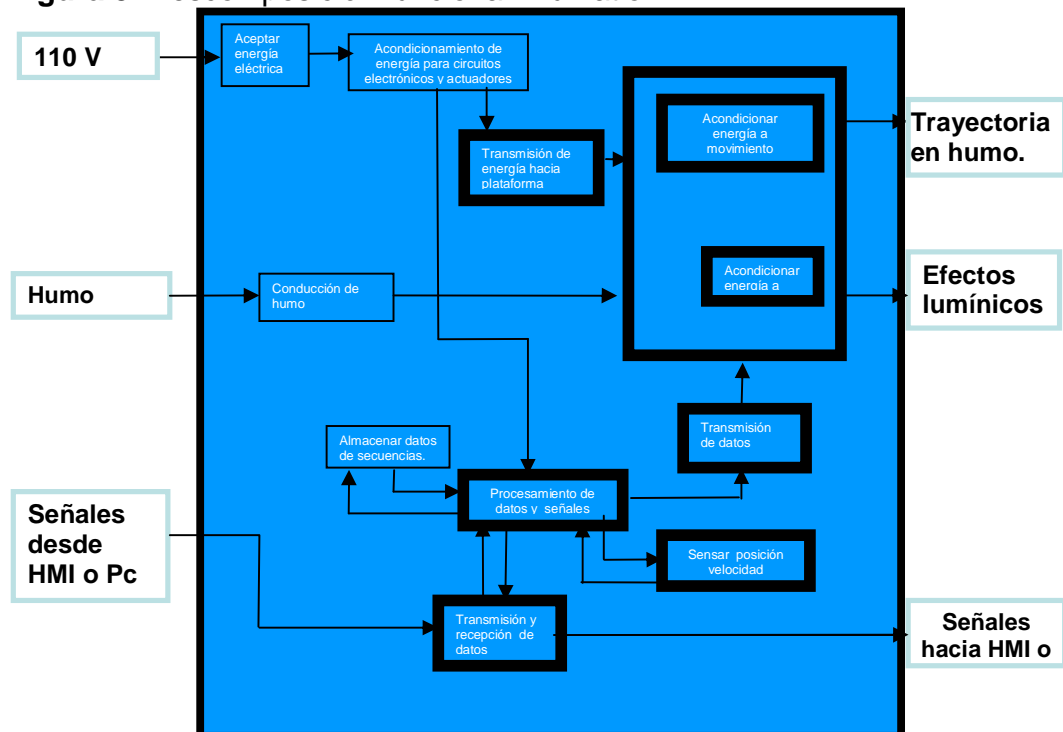
5.1.1 Inspección de la Caja Negra.

Figura 2. Caja negra Humation.



5.1.2 Descomposición funcional.

Figura 3. Descomposición funcional Humation.



Visualizando el funcionamiento interno se podrá clarificar las funciones que debe de realizar el Producto y asimilar cuales de ellas merecen mayor atención en el diseño.

5.1.3. Generación de Conceptos de las Subfunciones.

Cuadro 10. Conceptos de subfunciones Humation.

<p>Acondicionar energía a movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Angulo</u> <ul style="list-style-type: none"> • Motor de paso. • Servomotores. • Motor DC con reducción. <p style="margin-left: 300px;">} (Direct drive)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Giro</u> <ul style="list-style-type: none"> • Motor DC (Direct drive). • Motor DC (Hélice). <p>Plataforma de aspersión de humo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disco giratorio con variación angular respecto al horizonte. • Barra con pivote en centro. • Barra con pivote en un extremo y contrapeso. <p>Transmisión de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • USB • RS232 • Puerto paralelo • Bluetooth • Radio frecuencia 	<p>Transmisión de energía hacia plataforma</p> <p>Pinroler Escobillas Balíneras</p> <p>Sensores</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Angulo</u> <ul style="list-style-type: none"> • Clarostato. • Encoder absoluto. • Encoder incremental. • <u>Velocidad</u> <ul style="list-style-type: none"> • Encoder absoluto. • Encoder incremental. <p>Procesamiento de datos y señales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • bx24 • PIC • atmel <p>Modo de procesamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento único con prioridades. • Procesamiento Individual por funciones <p>Acondicionar energía a luz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Led's • Bombillos 3V • Bombillos 9V
---	---

5.1.4. Árbol de Clasificación de Conceptos.

Figura 4. (Árbol a.) Opciones de actuadores para ángulo y giro.

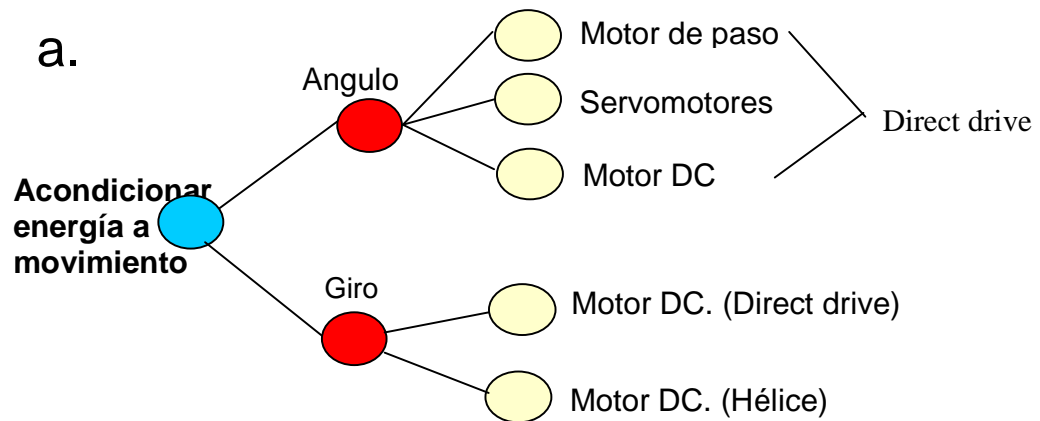


Figura 5. (Árbol b.) Plataforma para esparcir humo

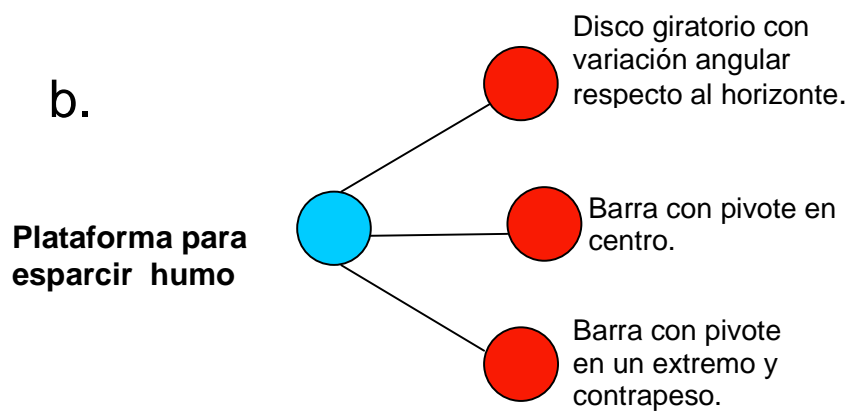


Figura 6. (Árbol c.) Opciones de Transmisión de datos.

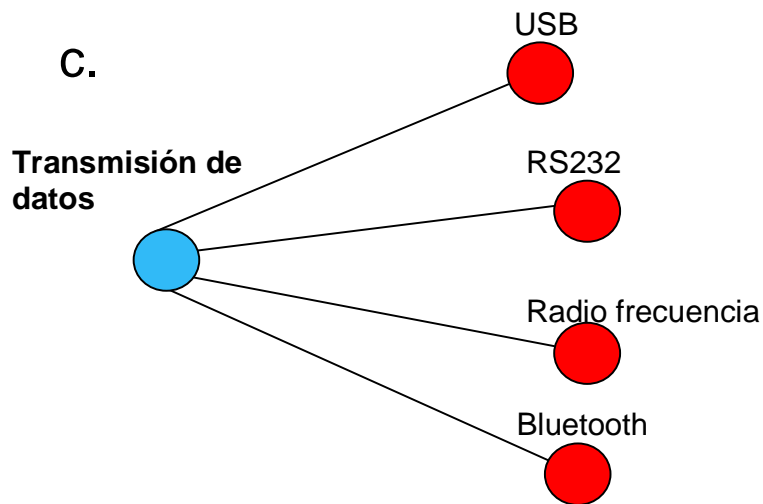


Figura 7. (Árbol d.) Transmisión de energía hacia plataforma.

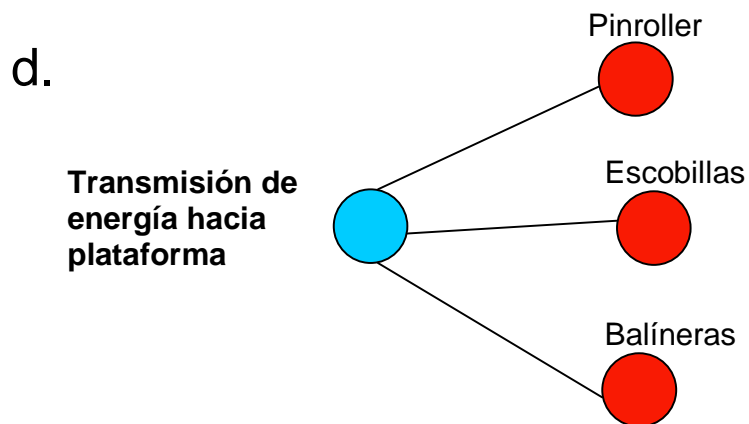


Figura 8. (Árbol e.) Opciones de sensores.

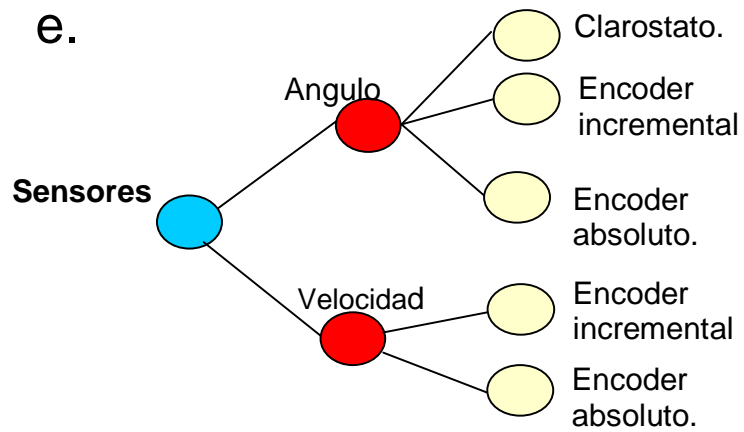


Figura 9. (Árbol f.) Procesadores y modos de procesamiento de datos.

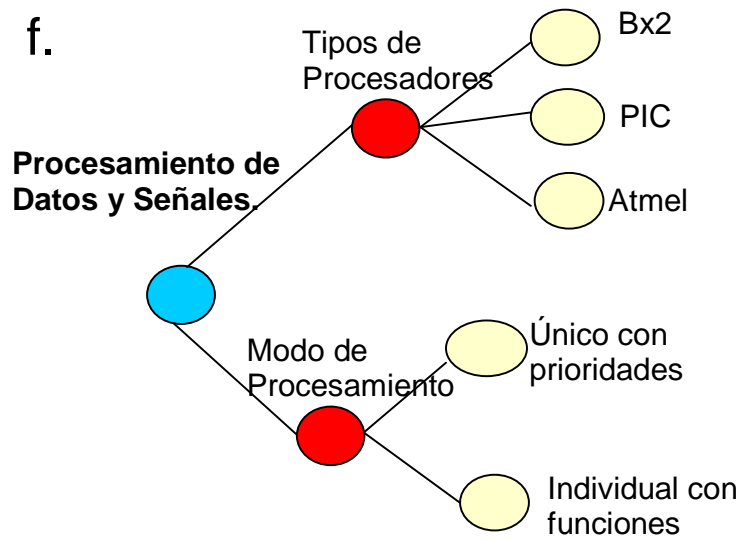
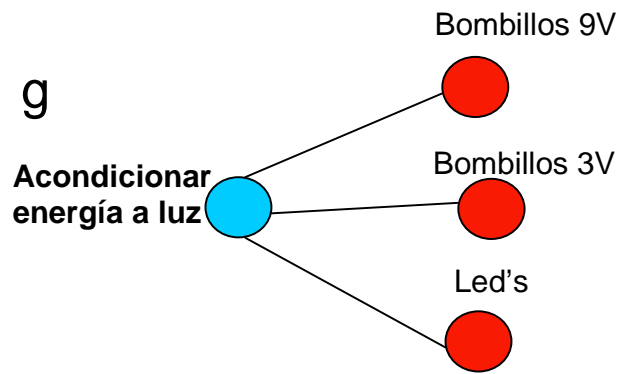
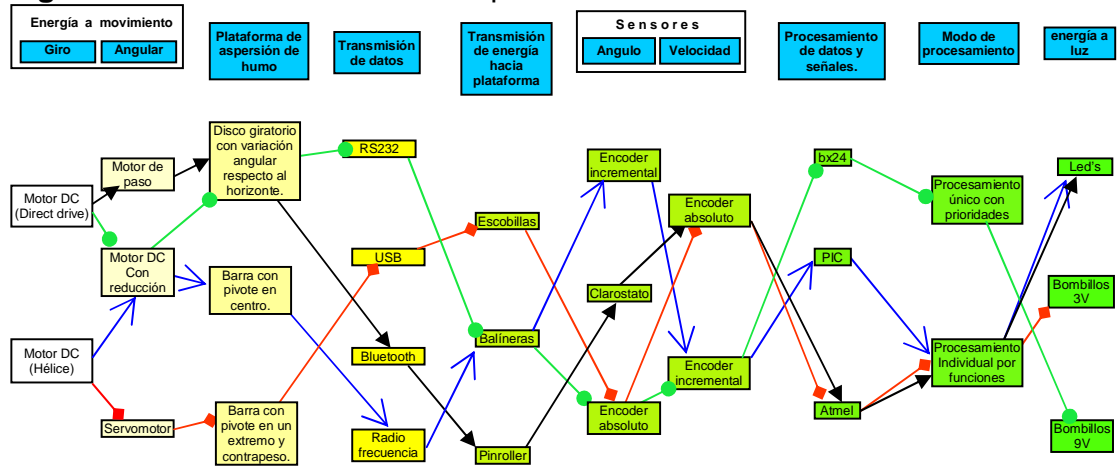


Figura 10. (Árbol g.) Opciones de fuentes de luz.



5.1.5. Combinación de Conceptos.

Figura 11. Combinación de conceptos Humation.




5.1.6. Conceptos

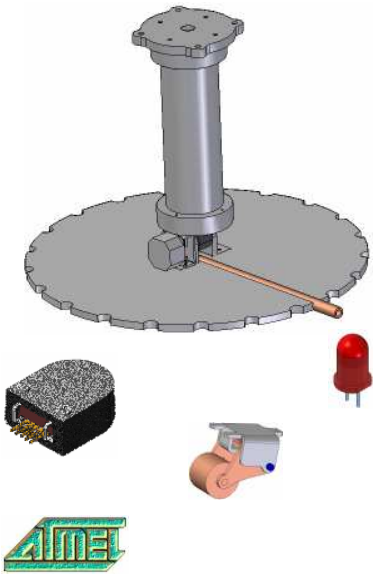
Cuadro 11. Descripción del concepto A.

Motor DC (Direct drive)	Motor DC Con reducción	Disco giratorio con variación angular respecto al horizonte.	Rs 232	Balíneras	Encoder absoluto	Encoder incrementa	Bx 24	Procesamiento único con prioridades	Bombillos 9V
<p>Sistema de construcción mecánica relativamente cómoda por el uso de un motor DC de transmisión directa, balíneras en la transmisión de energía de la base al disco giratorio. Sin embargo, es un diseño complejo desde el punto de vista de control. El usar un disco como plataforma tiene como ventaja el espacio para la ubicación de fuentes lumínicas y lograr así una mayor diversidad en efectos lumínicos.</p> <p>En este concepto la transmisión de datos entre la HMI y el sistema central se hace a través de Rs 232, es muy común en la transmisión de datos entre periféricos y computadores lo que significa que la mayoría de los pic's poseen uno.</p> <p>El sensor para ángulo es un encoder absoluto, fácil de usar, pues arroja un voltaje según su posición, y el de velocidad es un encoder incremental, genera un tren de pulsos con el cual se puede conocer la velocidad de rotación según la frecuencia de los pulsos.</p> <p>Los bombillos de 9v generan gran luminiscencia pero con un consumo relativamente alto.</p>									

Cuadro 12. Descripción del concepto B. →

Motor DC (Hélice)	Servomoto	Barra con pivote en un extremo y	USB	Escobillas	Encoder absoluto	Encoder absoluto	Atmel	Procesamiento Individual por funciones	Bombillos 3V
<p>Este concepto es un poco más sencillo desde el punto de vista de control, aunque el uso de un controlador Atmel implica general por código los PWM para los motores.</p> <p>El uso de una hélice para generar la propulsión del giro, es un concepto en alguna forma ambicioso y una posibilidad bastante llamativa.</p> <p>El concepto de las escobillas para la transmisión de energía hacia la plataforma resulta viable por su facilidad de compra local y costo, pero es un problema para los sistemas de control pues el ruido electrónico es muy alto y el desgaste es mayor.</p> <p>Para sensar velocidad se propone un encoder absoluto. Al medir los picos más altos de voltaje podremos tener un tren de pulsos con una frecuencia, la cual nos mostrara la velocidad de giro del eje. Estos sensores son más costosos que los incrementales.</p>									

Cuadro 13. Descripción del concepto C →

Motor DC (Direct drive)	Motor de paso	Disco giratorio con variación angular respecto al horizonte.	Bluetooth	Pinroller	Clarostato	Encoder absoluto	atmel	Procesamiento Individual por funciones	Led's
<p>El motor de paso para el movimiento del disco respecto al horizonte resulta aceptable, pues el torque es bueno, lo que no sucede con la auto retención razón por la cual hay que estar corrigiendo la posición que se realimenta por el clarostato.</p> <p>La transmisión de energía se efectúa por medio de un mecanismo denominado pinroller que se desliza sobre una pista de cobre. Y los datos por bluetooth, en este concepto la fuente emisora de luz son Led's que tienen un menor consumo y menos luminiscencia que los bombillos convencionales, pero la durabilidad es significativamente mayor.</p>									

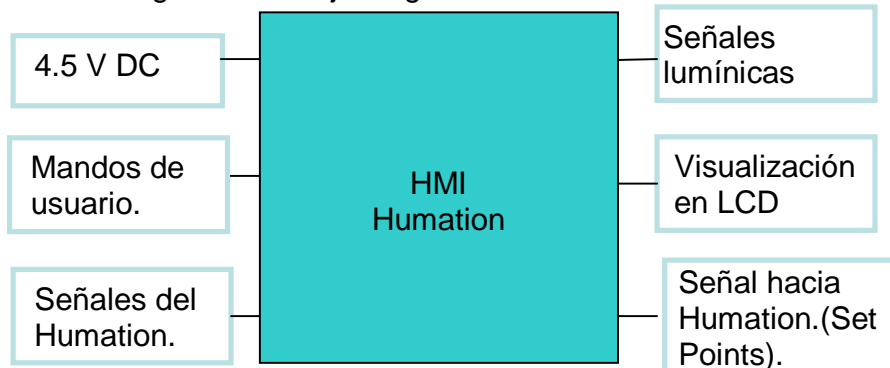
Cuadro 14. Descripción del concepto D ➔

Motor DC (Hélice)	Motor DC Con reducción	Barra con pivote en centro.	Radio frecuencia	Balínas	Encoder incremental	Encoder incremental	PIC	Procesamiento Individual por funciones	Led's
<p>Este concepto introduce el uso de una barra con pivote en centro como plataforma de aspersión de humo, reduciendo momentos de inercia del sistema, exigiendo menos los motores, esto se combina con el motor DC con hélice para impulsar la barra.</p> <p>El uso de encoders incrementales reduce costos y según la programación del microcontrolador pueden ser las lecturas muy confiables.</p> <p>El uso de Balínas en la transmisión de energía son una solución mas fácil de implementar y mas económica. Además consta de diversos puntos de contacto entre las dos superficies.</p>									

5.2. HMI

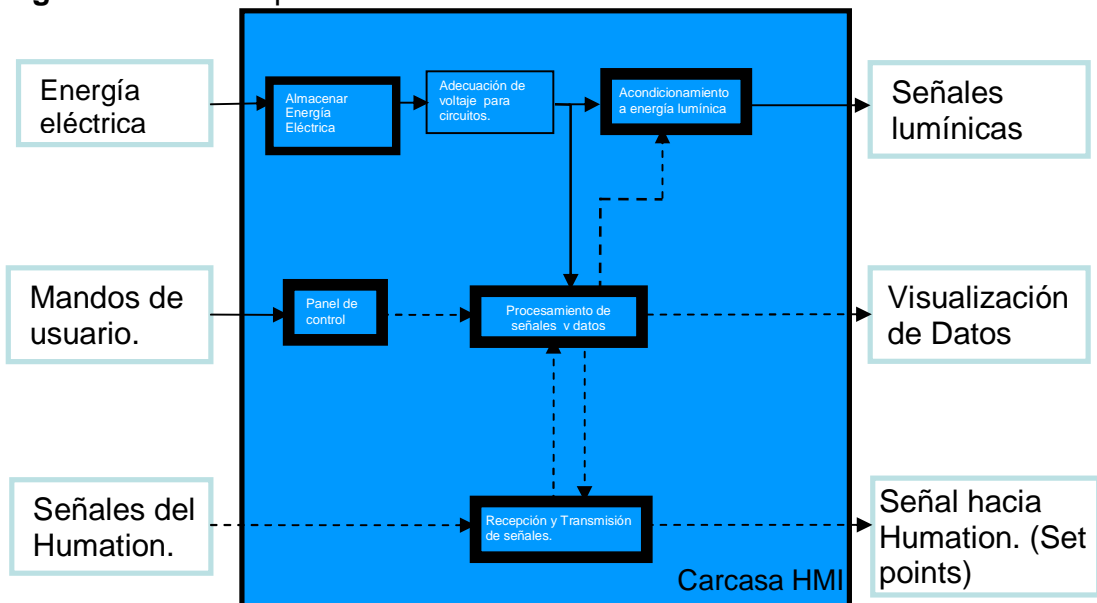
5.2.1. Inspección caja negra.

Figura 12. Diagrama de Caja Negra HMI.



5.2.2. Descomposición funcional.

Figura 13. Descomposición Funcional HMI.



5.2.3. Generación de conceptos de las Subfunciones.

Cuadro 15. Conceptos de subfunciones HMI.

<p>Almacenar energía.</p> <ul style="list-style-type: none">• Batería recargable.• Pilas recargables.• Pilas corrientes. <p>Panel de control.</p> <ul style="list-style-type: none">• Teclado Matricial 4x4• Teclado de Membrana 4x4• Teclado de Membrana 2x8• Pulsadores. <p>Recepción y transmisión de datos</p> <ul style="list-style-type: none">• Rs 232.• USB.• Bluetooth.• Radio frecuencia.• Infrarrojo. <p>Procesamiento de datos y señales.</p> <ul style="list-style-type: none">• Pic 16f84• Pic 16f87	<p>Visualización de datos</p> <ul style="list-style-type: none">• Display 7 segmentos.• LCD 2x16.• LCD 4x 20. <p>Acondicionamiento de energía eléctrica a energía lumínica.</p> <ul style="list-style-type: none">• Led's de montaje superficial• Led's comunes <p><u>Carcasa.</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Carcasa Rectangular (10x15x3) cm.• Carcasa rectangular 2 piezas (Display –Teclado, Abertura Axial).• Carcasa rectangular 2 piezas (Display-Teclado. Abertura central).• Carcasa rectangular 2 piezas (Display-Teclado. Abertura Deslizante).
--	--

5.2.4. Árbol de Clasificación de Conceptos.

Figura 14. (Árbol A) Opciones de almacenamiento de energía.

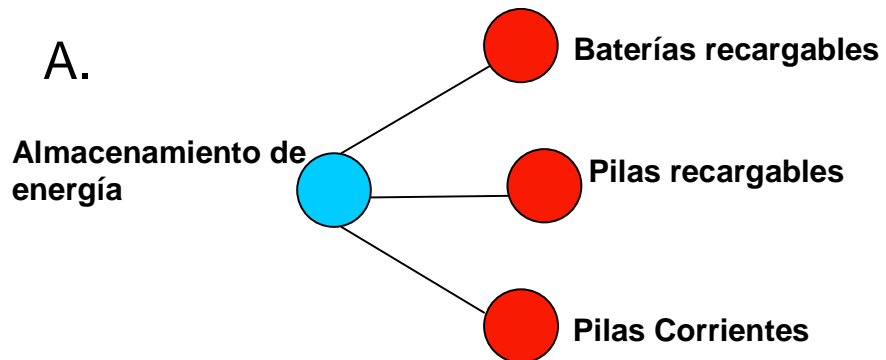


Figura 15. (Árbol B) Opciones de panel de control.

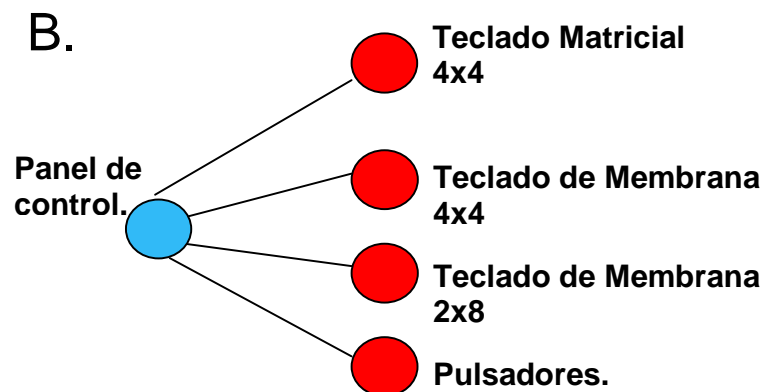


Figura 16. (Árbol C) Opciones de recepción y transmisión de datos.

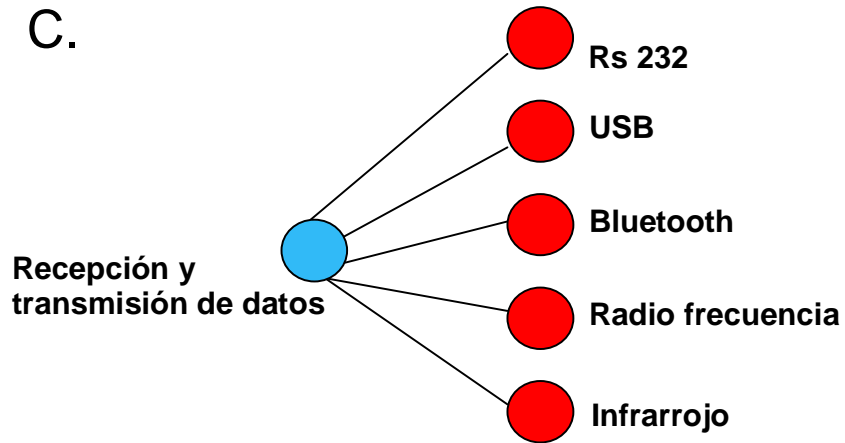


Figura 17. (Árbol D) Opciones de procesamiento de datos y señales.

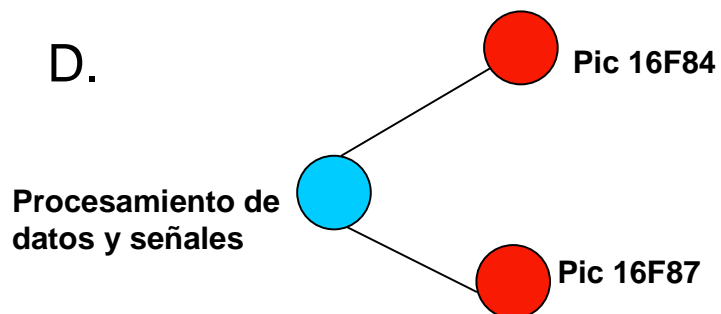


Figura 18. (Árbol E) Opciones de visualización de datos.

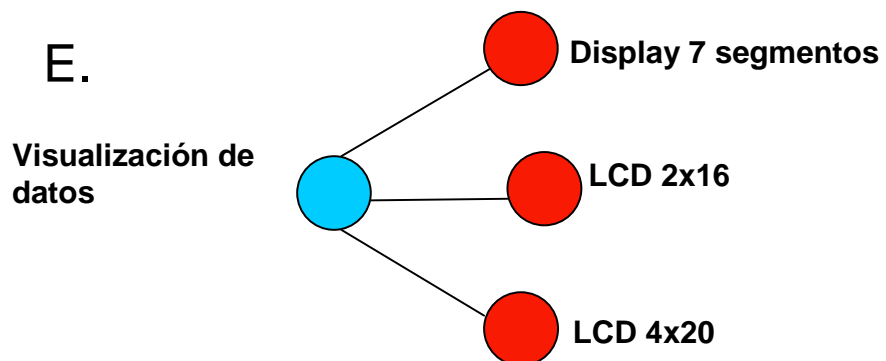


Figura 19. (Árbol F) Opciones de Acondicionamiento de energía eléctrica a lumínica.

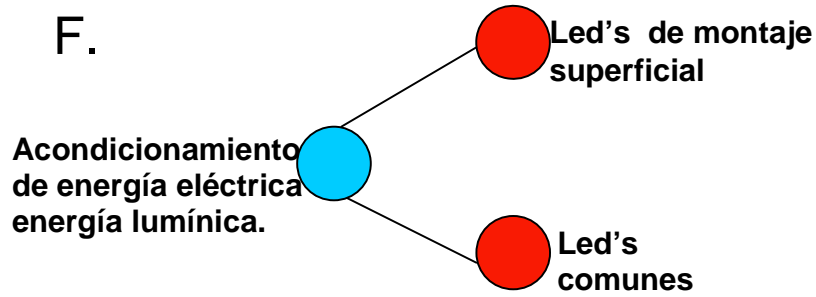
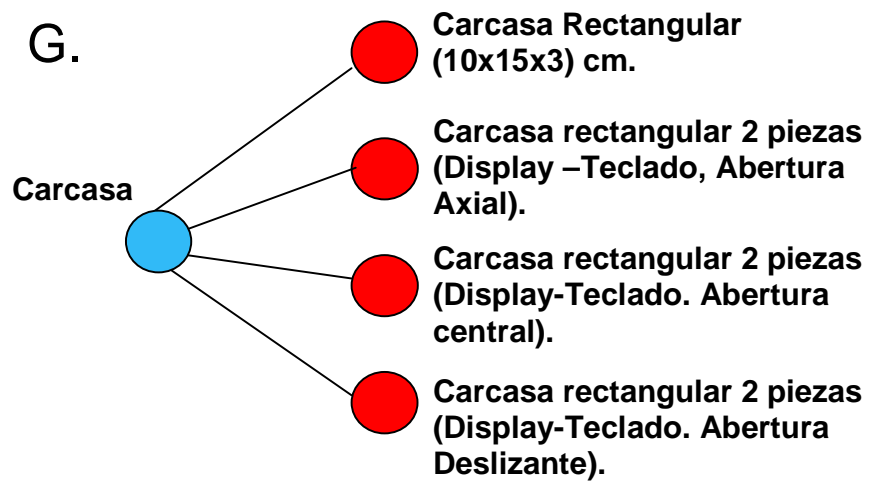
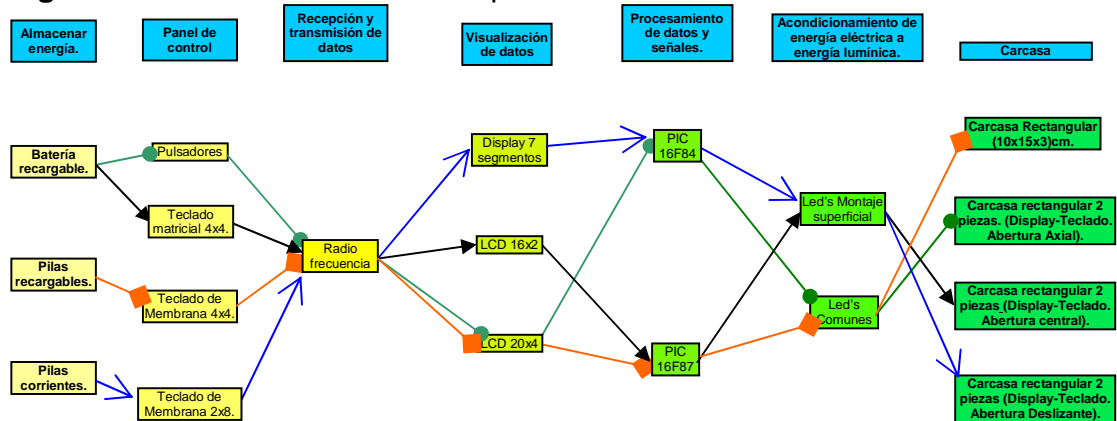


Figura 20. (Árbol G) Opciones de Carcasa.




5.2.5. Combinación de Conceptos.

Figura 21. Combinación de conceptos HMI.

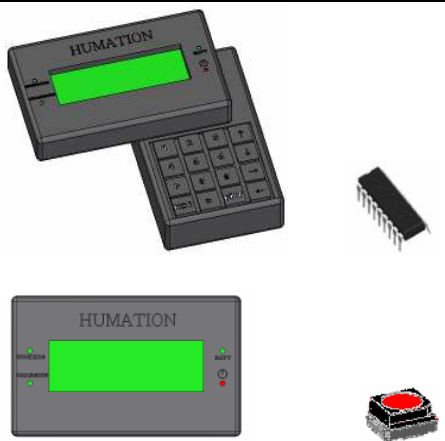


5.2.6. Conceptos


Cuadro 16. Descripción del concepto A HMI.


Batería Recargable	Pulsadores	Radio frecuencia	LCD 20x4	Led's comunes	PIC 16F84	Carcasa rectangular 2 piezas. (Display-Teclado. Abertura Axial).
<p>Diseño electrónico sencillo, el microcontrolador aporta las herramientas necesarias para un sistema de este tipo. El uso del LCD de 20x4 permite crear menús más elaborados pero de mayor facilidad de uso, la utilización de pulsadores facilita la libre ubicación de los botones, dándole así al diseño físico un poco más de libertad para la ergonomía.</p> <p>El tipo de carcasa lo hace de fácil transporte, por sus dimensiones debe ser operado con ambas manos.</p> <p>La batería recargable hace que el dispositivo sea de uso económico.</p>						
						

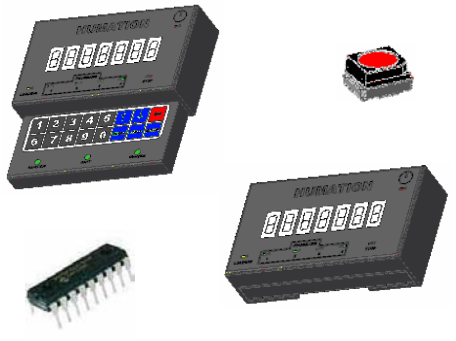
Cuadro 17. Descripción del concepto B HMI. →

Batería Recargable	TECLADO MATRICIAL 4X4	Radio frecuencia	LCD 2x16	PIC 16F87	Led's SMD	Carcasa rectangular 2 piezas_(Display-Teclado. Abertura central).
<p>El uso del teclado matricial reduce costos de diseño, pero la apariencia se ve afectada, un LCD de 2x16 implica mayor esfuerzo por parte del usuario en el momento de operación pero significa un decremento significativo en costos de producción, el microcontrolador resulta muy eficiente para este tipo de aplicaciones, los Led's de montaje superficial reducen el consumo de corriente y el espacio de montaje.</p> <p>La carcasa permite un uso cómodo abierta o cerrada al permitir al usuario una constante visualización del LCD y los indicadores lumínicos.</p>						

Cuadro 18. Descripción del concepto C HMI. 

Pilas Recargables	TECLADO Membrana 4X4	Radio frecuencia	LCD 20x4	PIC 16F87	Led's comunes	Carcasa Rectangular (10x15x3) cm.
<p>Este concepto cuenta con pilas recargables (incluidas), que permiten el uso de cargadores comerciales para pilas de este tipo. Además este concepto permite el uso de pilas comunes, el teclado de membrana aporta protección a la corrosión y los líquidos.</p> <p>La carcasa de este tipo reduce el costo de producción significativamente pero es incomoda de manipular y transportar.</p>						

Cuadro 19. Descripción del concepto D HMI. 

Pilas Comunes	TECLADO Membrana 2x8	Radio frecuencia	Display 7 segmentos	PIC 16F84	Led's SMD	Carcasa rectangular 2 piezas (Display-Teclado. Abertura Deslizante).
<p>Este concepto con sus pilas no recargables se hace un poco mas costoso de mantener, la implementación de los display 7 segmentos reduce costos de producción y los Led's de montaje superficial reducen consumo.</p> <p>La carcasa resulta llamativa, provee información al usuario aun estando cerrada, por otro lado la producción es costosa y es más sensible a las caídas.</p>						

6. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Se implementan dos matrices que hacen más fácil la selección de conceptos, estas matrices comparan los conceptos de nuestro producto con un producto de la competencia o propio, en este caso es La maquina de humo BULLFOG de la marca American Audio.

6.1. HUMATION

6.1.1. Matriz de tamizaje de conceptos.

Cuadro 20. Matriz de tamizaje de conceptos.

Criterio de selección	Variables de conceptos				REF.
	A	B	C	D	
Resistencia a impactos.	+	--	O	O	American audio BULLFOG Todos los criterios = O
Estética.	--	+	--	+	
Seguridad	O	O	O	O	
Tiempo de funcionamiento continuo	+	O	O	+	
Fácil manejo	--	O	O	+	
Costo de desarrollo	--	--	--	--	
Positivos	2	1	0	3	+ : Mejor que. O : Igual que. -- : peor que.
Iguales	2	3	4	2	
Negativos	3	2	2	1	
TOTAL	-1	-1	-2	2	
Orden	2	3	4	1	
¿Continuar?	SI	NO	NO	SI	

En esta matriz de tamizaje, se seleccionaron los mejores conceptos con los criterios antes mencionados, para determinar cual de los conceptos se acomoda mas a nuestras necesidades colando los conceptos que no son muy prácticos.

6.1.2. Matriz de evaluación de conceptos.

Cuadro 21. Matiz de evaluación de conceptos.

		Variables de conceptos				
		A		D		
Criterio de selección	Ponderado %	NOTA	CRITERIO PONDERADO	NOTA	CRITERIO PONDERADO	REF.
Resistencia a impactos.	10%	5	0,5	4	0,4	American audio
Estética.	25%	3	0,75	5	1,25	
Seguridad	20%	4	0,8	5	1	
Tiempo de funcionamiento continuo	20%	5	1	4	0,8	BULL FOG
Fácil manejo	15%	2	0,3	5	0,75	
Costo de desarrollo	10%	1	0,1	1	0,1	
	TOTAL	3,45		4,3		
	Orden	2		1		
	¿Continuar?	2 da opción		Desarrollar		

6.2 HMI.

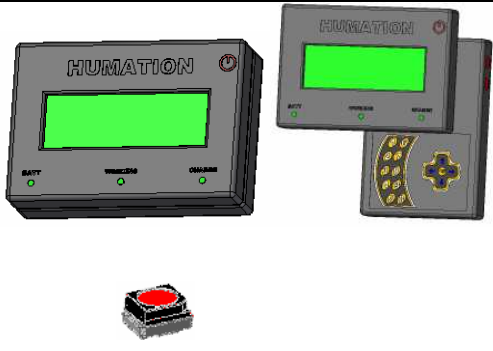
6.2.1. Matriz de tamizaje de conceptos.

Cuadro 22. Matriz de tamizaje de conceptos de HMI.

Criterio de selección	Variables de conceptos				REF.
	A	B	C	D	
Resistencia a impactos.	+	+	+	--	American audio BULLFOG Criterios de selección = 0
Estética.	+	+	--	+	
Seguridad	O	+	O	--	
Tiempo de funcionamiento continuo	O	O	O	O	
Fácil manejo	O	O	--	O	
Costo de desarrollo	+	O	+	--	
Positivos	3	2	2	1	+ : Mejor que. O : Igual que. -- : peor que.
Iguales	3	3	2	2	
Negativos	0	1	2	3	
TOTAL	3	2	0	-2	
Orden	1	2	3	4	
¿Continuar?	SI	SI	SI	NO	

Se decide fusionar dos conceptos de los tres que continúan la selección, generando un quinto concepto mucho más fuerte que los anteriores.

Cuadro 23. Descripción del concepto A+B. HMI.

Batería Recargable	Pulsadores	Radio frecuencia	LCD 20 x 4	PIC 16F84	Led's SMD	Carcasa rectangular 2 piezas (Display-Teclado. Abertura central).
<p>Este nuevo concepto fusiona lo mejor del concepto A y B, permitiendo jugar con la distribución de el teclado en función de la ergonomía, para solucionar el aspecto de los botones se cubren con un plástico sobre el cual esta impresa la información pertinente sobre cada botón. Cuenta además con una carcasa de uso agradable y fácil manipulación.</p>						
						

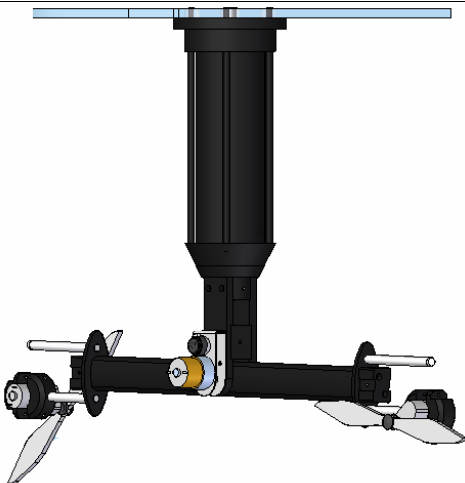
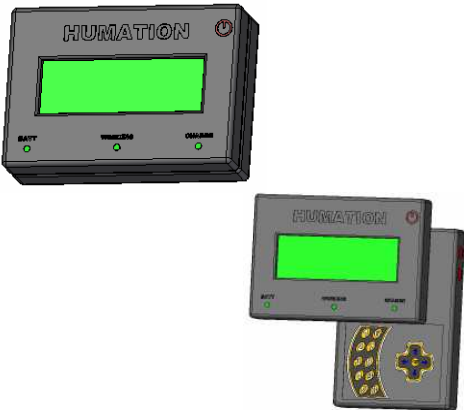
6.2.2. Matriz de evaluación de conceptos.

Cuadro 24. Matiz de evaluación de conceptos HMI.

		Variables de conceptos				
		A + B		C		
Criterio de selección	Ponderado %	NOTA	CRITERIO PONDERADO	NOTA	CRITERIO PONDERADO	REF.
Resistencia a impactos.	10%	4	0,4	5	0,5	American audio
Estética.	25%	5	1,25	2	0,5	
Seguridad	20%	4	0,8	4	0,8	
Tiempo de funcionamiento continuo	20%	4	0,8	4	0,8	BULL FOG
Fácil manejo	15%	5	0,75	4	0,6	
Costo de desarrollo	10%	3	0,3	4	0,4	
	TOTAL	4,3		3,6		
	Orden	1		2		
	¿Continuar?	Desarrollar		2 da opción		

6.3. CONCEPTOS SELECCIONADOS PARA DESARROLLO

Cuadro 25. Conceptos Finales.

HUMATION	HMI
	

6.4. ESPECIFICACIONES FINALES

Después de haber pasado por la matriz de evaluación y haber seleccionado el concepto que mas se destaco, se hace necesario verificar cada una de las métricas para documentar valores reales correspondientes al concepto, de este proceso se tiene como resultado la siguiente tabla:

Cuadro 26. Valores finales.

	Necesidades	Métricas	Unidades	Valores Finales
1	2	Estética	Subjetiva	4
2	3,4,16,18	Costo	\$	1'939.800
3	12	Ruido	DB	±70 *
4	5,10	Peso	Kg.	11
5	8,9,12	Ensamble seguro	Binaria	Si
6	16	Consumo de potencia	W	106.8
7	5,10	Dimensiones. AL/ LA/ AN	cm.	75/78/31
8	6,7,11,13,14,17	Operación	Subjetivo	4
9	6,7,14	Memoria	Bytes	256
10	13	Temperatura	°C	50
11	15,18	Durabilidad	Años	2y ½**

* Valor aproximado, obtenido mediante una comparación practica con el sonido de un aire acondicionado.

** Cantidad de años que dura la pieza que menos dura en todo es sistema, en este caso la batería de la HMI.

7. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

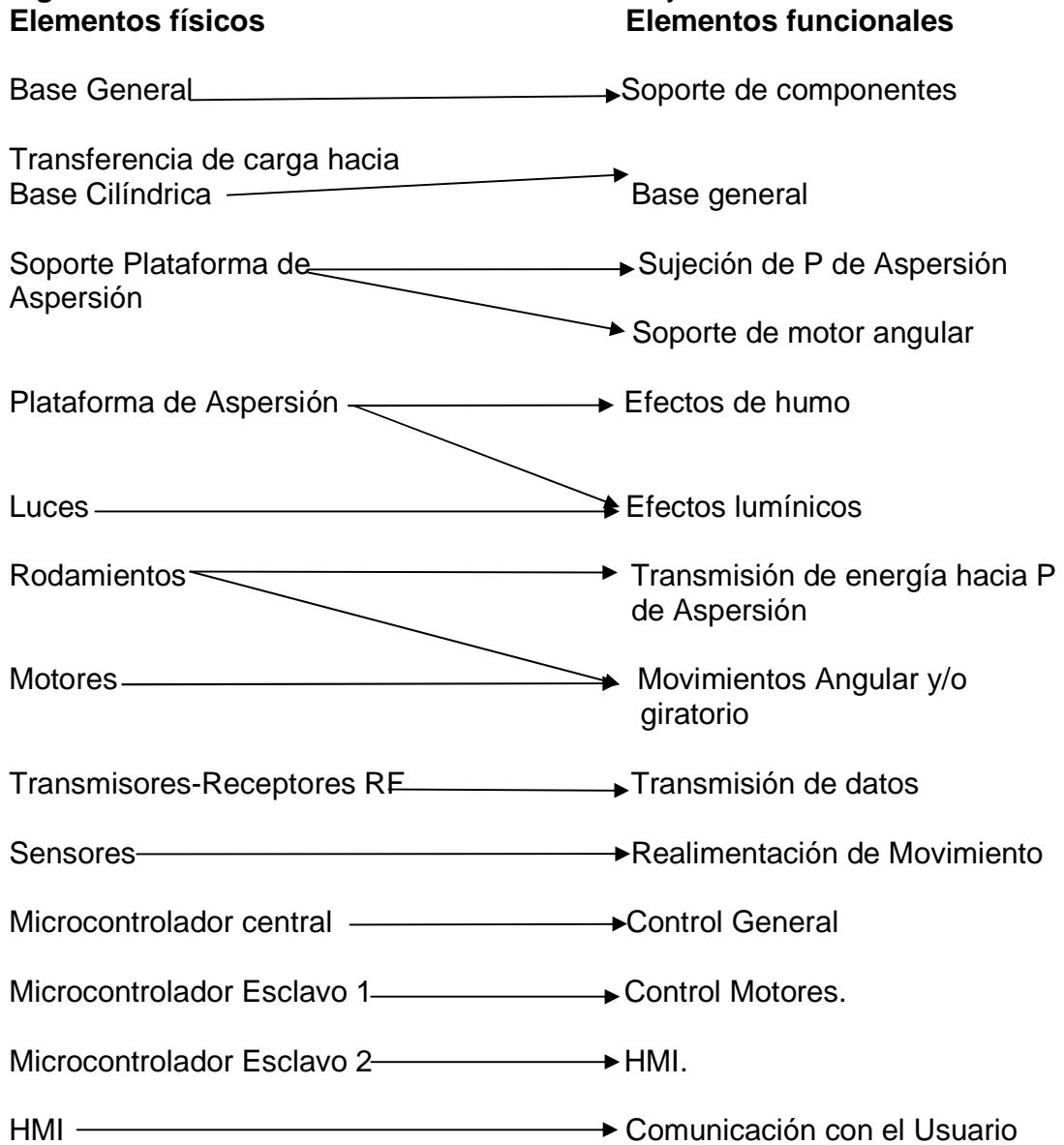
7.1. ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Sobre el diseño de sistemas de entretenimiento como el Humation recae la responsabilidad de la seguridad de los usuarios y operadores, pues son de uso frecuente en lugares de concurrencia masiva.

La elección de una arquitectura apropiada es fundamental para que un producto de esta magnitud sea o no un éxito, la arquitectura integral brinda al sistema cierto nivel de robustez, pues consta de la menor cantidad de partes extraíbles con facilidad evitando esto desajustes por vibración o desgaste, no obstante por la naturaleza del sistema la arquitectura que realmente se amolda a su funcionamiento es la arquitectura Modular, puesto que cada parte móvil resulta independiente de la otra.

7.2 INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS FÍSICOS Y FUNCIONALES

Figura 22. Interacciones entre elementos físicos y funcionales.

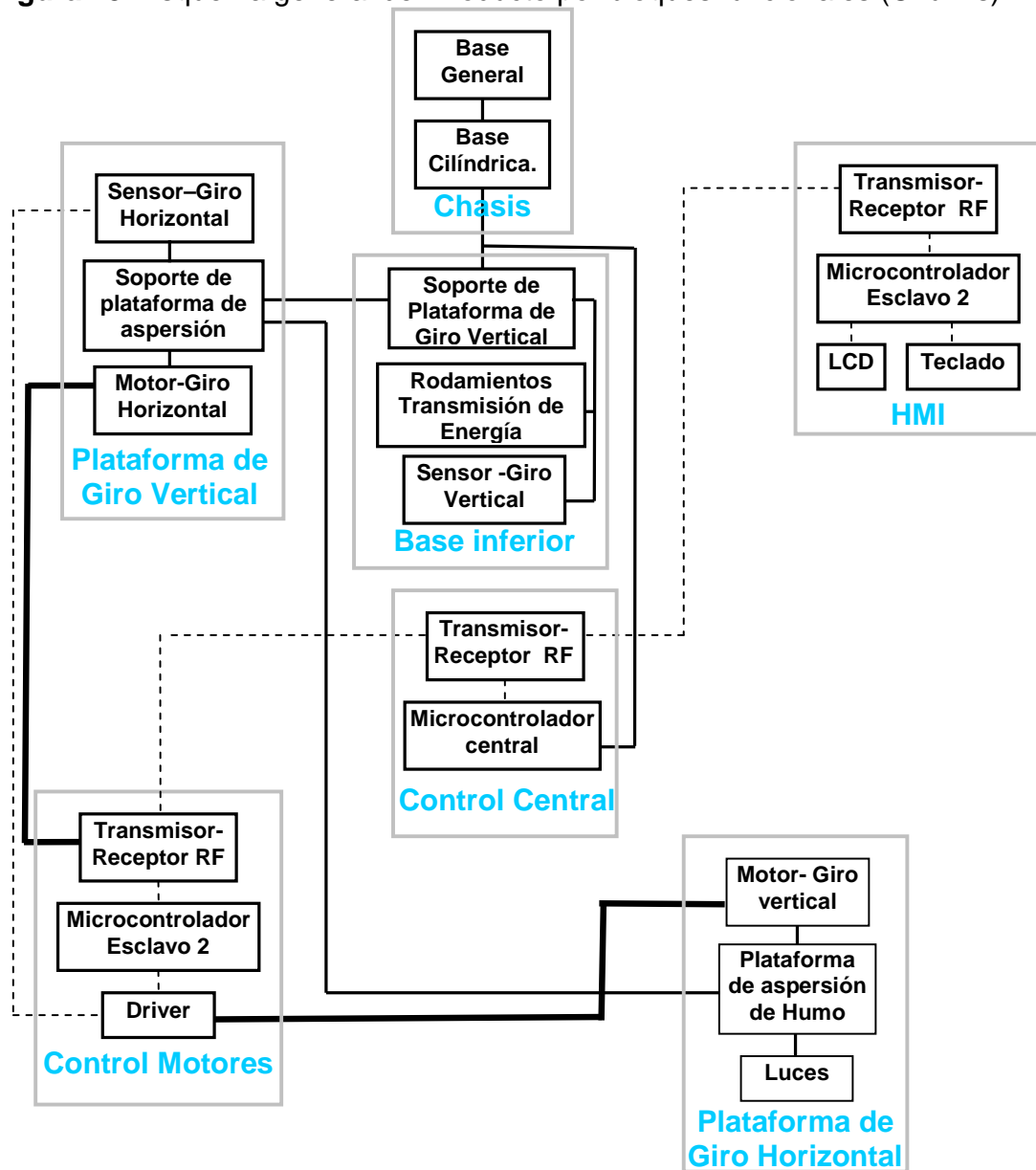


La relación entre elementos físicos y funcionales mostrada no deja clara una arquitectura modular, pero si se estudia cuidadosamente se puede notar que es factible crear un módulo de cada relación múltiple.

7.3. ESQUEMA DEL PRODUCTO

El esquema mostrado a continuación representa la distribución de los módulos según sus funciones.

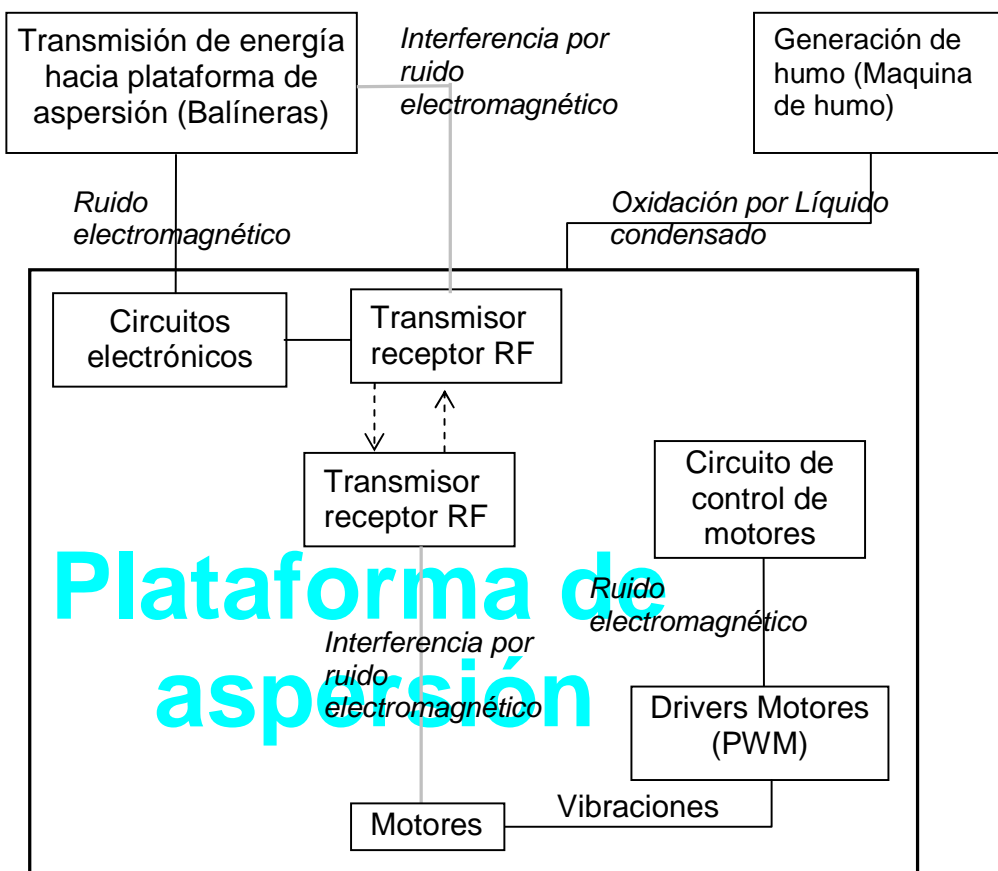
Figura 23. Esquema general del Producto por bloques funcionales (Chunks)



7.4. IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES FUNDAMENTALES E INCIDENTALES

Las relaciones que se muestran en la siguiente figura generan interacciones no planificados, dichas interacciones podrían traer consecuencias contraproducentes para el correcto funcionamiento del producto.

Figura 24. Interacciones fundamentales e incidentales.



Examinar minuciosamente estas interacciones fue un paso fundamental para contrarrestar posibles relaciones nocivas para las partes electrónicas del producto.

7.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

En un producto como el Humation o cualquier producto, la arquitectura de la plataforma electrónica es un aspecto fundamental para el funcionamiento idóneo de todo el sistema.

Es por esto que al definir el sistema electrónico se tuvo en cuenta aspectos tales como la fácil reparación ensamble y el espacio ocupado por el mismo.

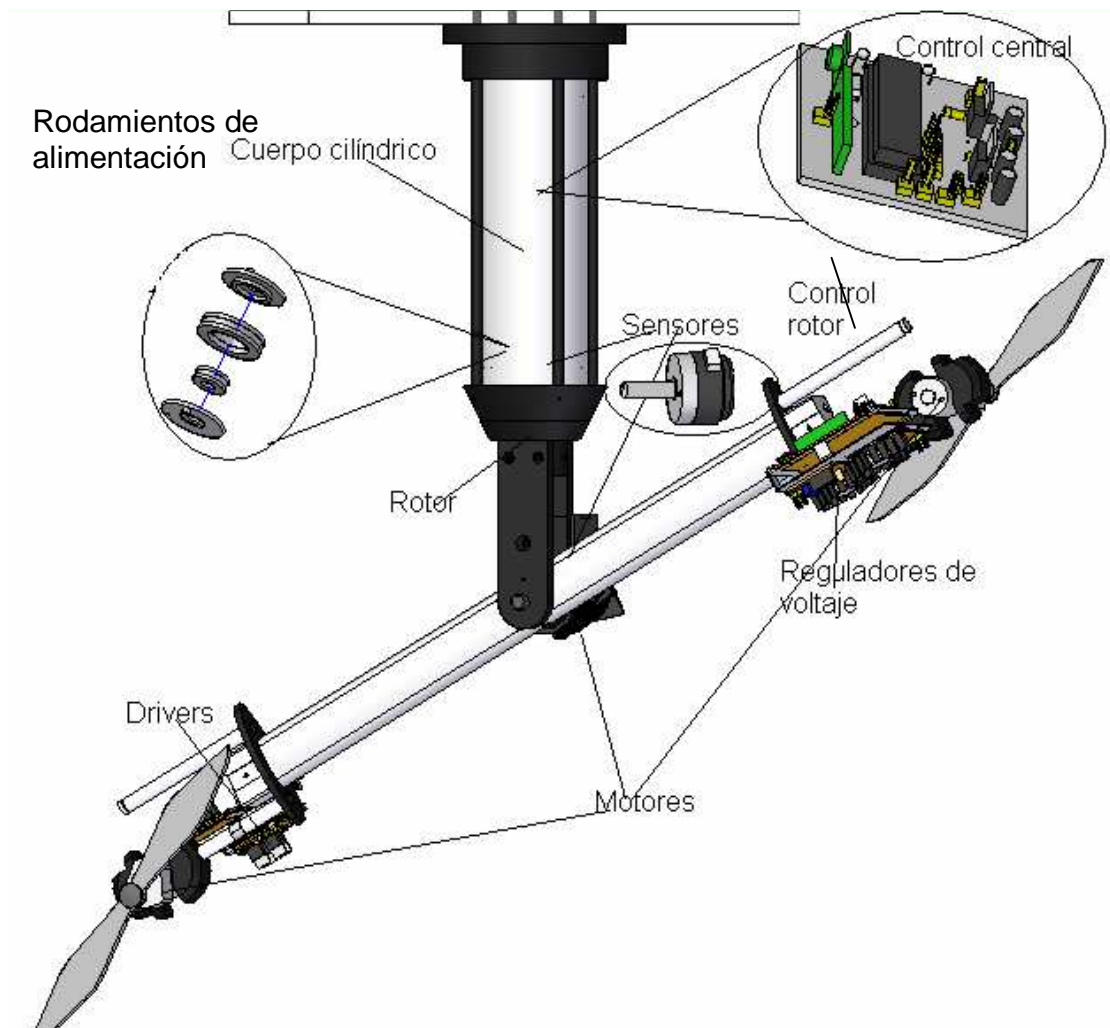
Para cumplir este propósito La arquitectura de la parte electrónica es modular, pues recordemos que existen tres partes importantes en la arquitectura general: La base, Plataformas giratorias y la HMI.

A su vez cada submodulo esta conformado por una arquitectura modular, esto garantiza que la los costos de mantenimiento y reparación se reduzcan significativamente.

7.6. DISTRIBUCIÓN GEOMETRICA

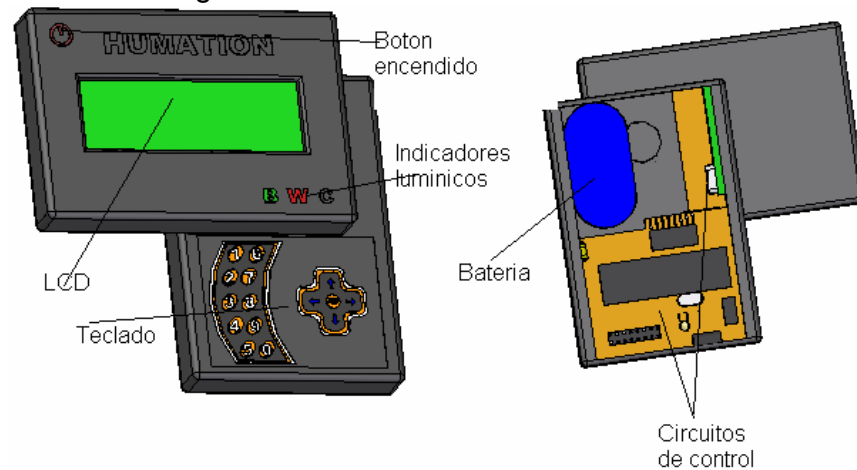
7.6.1 Humation.

Figura 25. Distribución geométrica Humation.



7.6.2 HMI.

Figura 26. Distribución geométrica HMI.



7.7. ARQUITECTURA EN DIFERENTES NIVELES.

La arquitectura global busca ser Modular, cada uno de los diferentes módulos, según su función tienen una arquitectura modular ejemplo claro es el mencionado anteriormente sistema electrónico, consta de tres módulos con sub módulos para cada tarea.

Los módulos del sistema mecánico buscan ser lo mas integrales posible, esto evitando que al constituirse de varias piezas cada modulo se desajuste con facilidad.

8. DISEÑO INDUSTRIAL

8.1. VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL

En los productos para el entretenimiento, la interacción con el usuario juega un papel altamente importante además de ser la principal herramienta de mercadeo, entendiéndose como interacción con el usuario el conjunto de características que están directamente relacionadas con el usuario.

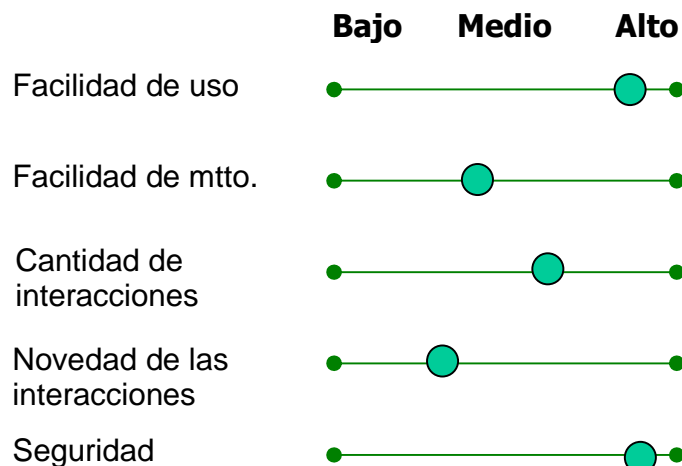
Teniendo en cuenta lo anterior se podría decir que en el diseño industrial la herramienta mas importante es la opinión de los usuarios finales del producto además de las personas que de alguna manera estarán en contacto con el producto.

Al tener en cuenta los aspectos que el usuario considera importantes se logra satisfacer mejor sus expectativas obteniendo un diseño con niveles de aceptación significativamente altos.

Algunos de los aspectos que interactúan directamente con el usuario son: La facilidad de uso, la apariencia física, Niveles de contaminación, seguridad.

8.1.1. Ergonómicas

Figura 27. Evaluación de las necesidades Ergonómicas.



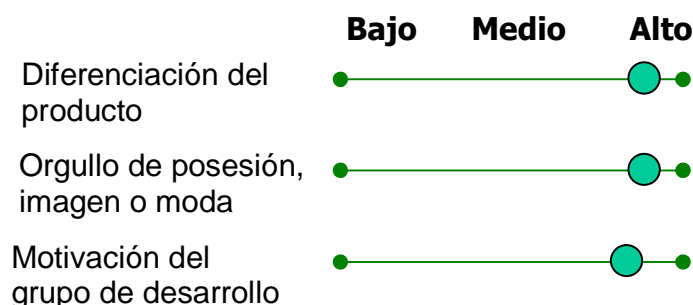
La figura muestra las necesidades ergonómicas del producto, en donde la facilidad de uso tiene una alta relevancia, recordemos que la manipulación de este producto será por parte de personas con mucha o poca calificación en manejo de dispositivos automáticos, una de las metas en este ítem es que el producto pueda ser utilizado por cualquier usuario que maneje o haya manejado un celular.

El producto requiere que el usuario plasme una serie de elecciones y/o secuencias sin las cuales la maquina no realiza ninguna acción, razón por la cual el numero de interacciones debe ser medianamente alto pero debe estar simplificado al máximo y tratar que sean lo mas familiares cuanto sea posible para el usuario.

Este tipo de maquinas normalmente son instaladas por personal autorizado, sucede lo mismo con el mantenimiento, pues no están en lugares fácilmente accesibles, para hacer reparaciones o mantenimiento deben ser extraídas de dichos lugares significando esto que dicho personal esta altamente calificado y el mantenimiento no necesariamente tiene que ser fácil, sin embargo la disposición de los módulos deja con relativa facilidad la extracción y reparación de los mismos.

8.1.2. Estéticas

Figura 28. Evaluación de las necesidades Estéticas

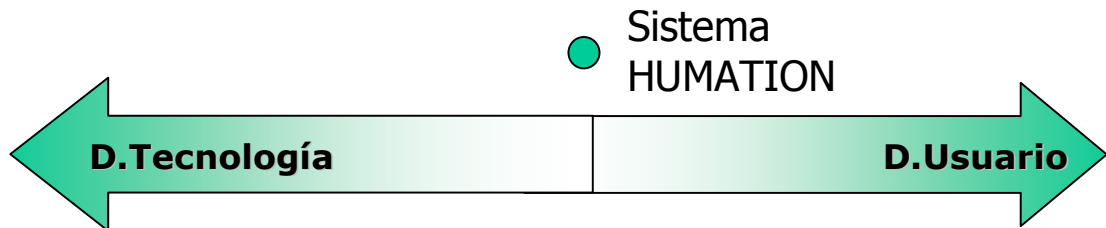


Los productos para entretenimiento necesitan unas cualidades optimas que muestren claras diferencias hacia otros productos y que dichas diferencias generen un orgullo en el propietario garantizando esto una que el producto desarrollado tendrá un alto éxito entre el grupo al cual va dirigido.

En la exploración de productos dirigidos hacia el entretenimiento la cuota de novedad es fundamental para atraer posibles compradores, los retos para el grupo de diseño son mayores y la competencia aun mas, es por esto que la importancia de la motivación en el grupo de trabajo es un ítem significativo en para que el producto final sea de total agrado al usuario.

8.1.3. Naturaleza del producto. La naturaleza de los productos esta catalogada como dominada por la tecnología o dominad por el usuario, la siguiente figura muestra la naturaleza del producto desarrollado en esta tesis.

Figura 29.Flecha de naturaleza del producto.



Este producto esta situado en el medio de la grafica debido a que en el diseño es de igual importancia el desarrollo tecnológico y el desarrollo industrial, pues esta expuesto a las miradas de un sin numero de personas y al uso de alguno cuantos.

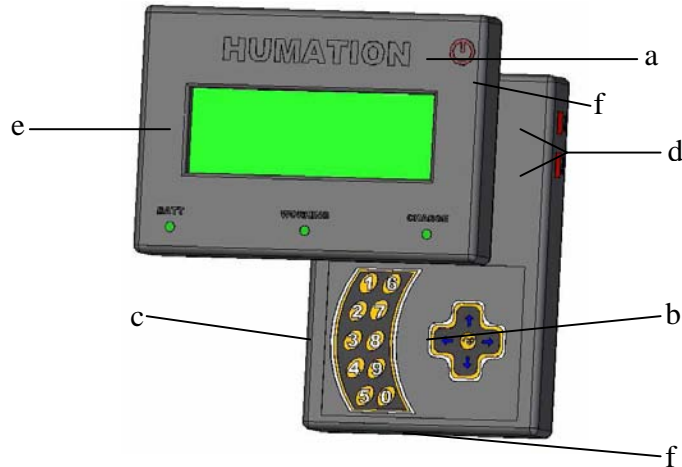
8.2. IMPACTO DEL DISEÑO INDUSTRIAL

Para el grupo de diseño y el producto en general el impacto generado en el usuario final es de vital importancia, razón por la cual se tienen en cuenta los aspectos mencionados en el punto anterior y que en este punto se especifican detalladamente.

8.2.1 Interfases de usuario. El producto denominado como Humation posee un mando a distancia con total control sobre la maquina: encendido, apagado (paradas de emergencia), indicadores luminiscentes, capacidad de cargar, crear o elegir secuencias de efectos.

Partes del control a distancia:

Figura 30. Descripción HMI.



- a. Botón encendido apagado.

Con un pulsador ubicado en la parte superior izquierda se controla el encendido y apagado, bien sea del solo control o de la maquina completa.

- b. Panel de botones flechas.

Panel de 5 pulsadores para facilitar la accesibilidad por parte del usuario, consta de 4 flechas distribuidas en los extremos y uno en el centro con la función intro

- c. Panel de botones números.

10 pulsadores dispuestos en arco para fácil acceso encargados de tomar como dato un número cada uno de 0 a 9

- d. Botones laterales Envío y Escape.

Dos pulsadores ubicados en la pared lateral derecha del dispositivo, el correspondiente al Envío es el encargado de iniciar la carga hacia la maquina principal de las secuencias creadas por el usuario y el correspondiente a Escape es con el que se sale de los menús o se cancelan acciones.

- e. LCD 4x20.

Ubicado en la tapa superior del control, posee luz de fondo una pantalla de 4 x 20 caracteres que facilita la navegación por los menús y submenús.

- f. Contactos (+ y -) para carga de batería.

Dos filamentos situados en la parte inferior trasera por medio de los cuales se alimenta la batería para la carga del control.

8.2.2. Facilidades de mantenimiento y reparación. El producto esta pensado para larga duración, razón por la cual la facilidad de reparación y mantenimiento es medianamente fácil de realizar.

Para esto se tuvo como prioridad conseguir partes estándares de fácil consecución en el mercado local, no obstante hay algunas de las piezas que no se consiguen con facilidad es en casos como este donde la selección correctas de partes es fundamental ara lograr que el prototipo requiera las mínimas modificaciones o mantenimiento en estas piezas.

Los sistemas electrónicos están protegidos por carcasas en acrílico con sellos en goma para evitar la filtración de humedad o líquidos que puedan causar averías a los circuitos o componentes.

8.2.3. Uso apropiado de los recursos. Las cualidades con las que consta este dispositivo han sido extraídas de la opinión de los usuarios finales y depuradas para obtener un producto con un diseño industrial idóneo.

Los materiales escogidos cumplen con requerimientos de costo apariencia y calidad, han sido sujetos a procesos de manufactura idóneos que no alteran o deterioran sus cualidades.

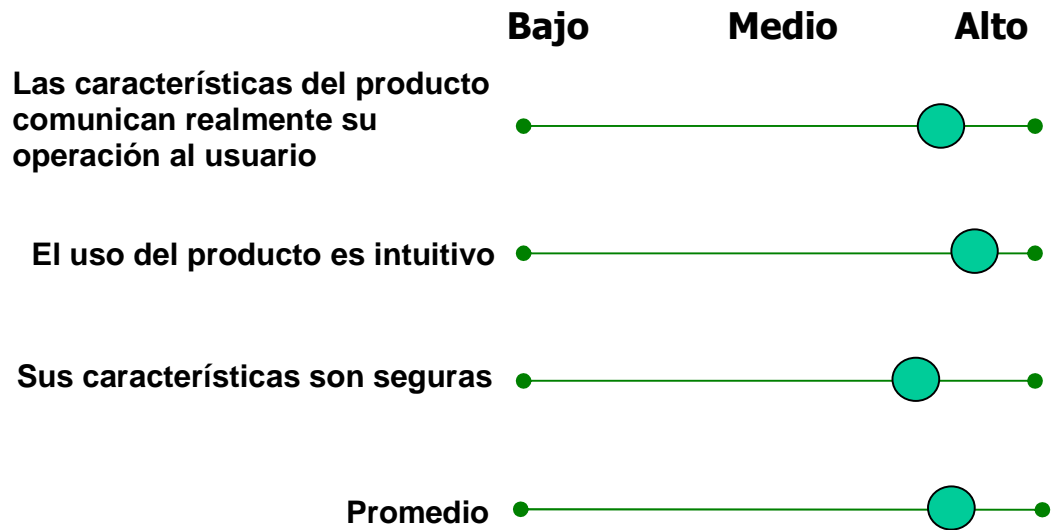
8.2.4. Diferenciación del producto. El HUMATION es un producto novedoso, con una morfología distinta a los productos de su categoría esto garantiza que el usuario tenga claro las diferencias con productos competencia y además que tenga un impacto tal que cuando lo vea de nuevo lo recuerde.

El mando a distancia esta diseñado con características muy comunes pero la distribución del teclado y la palabra HUMATION situada en la parte superior del LCD lo hace inconfundible y fácil de distinguir.

8.3 EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL

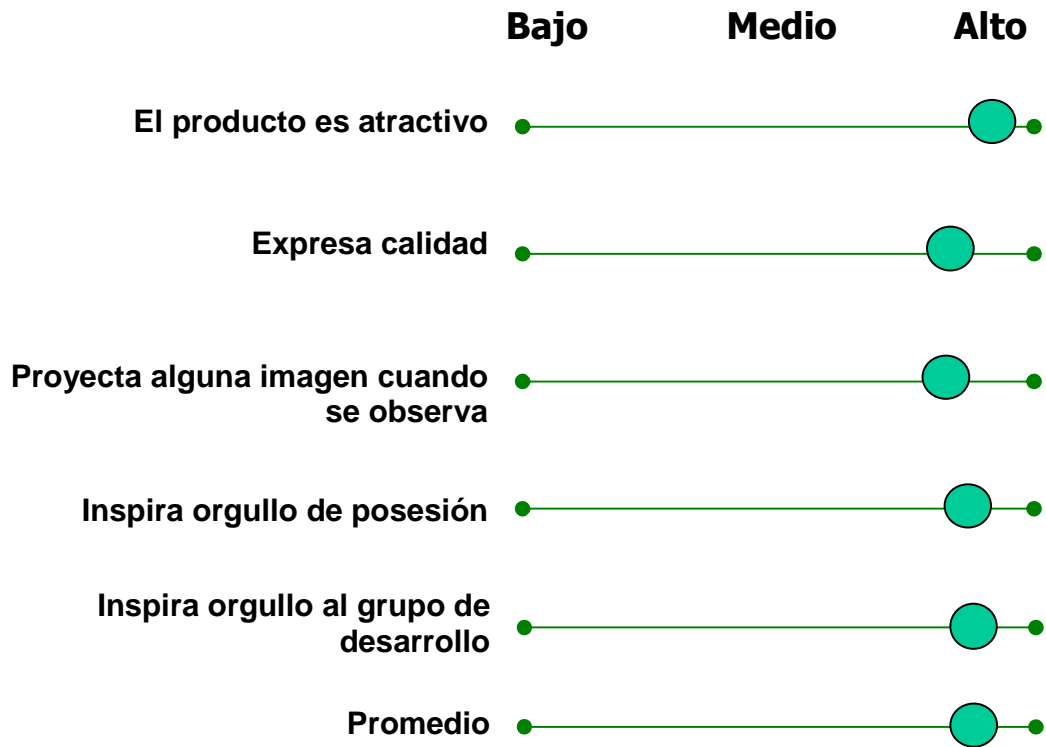
8.3.1 Calidad de interfase de usuario

Figura 31. Evaluación de la calidad de la interfase del producto.



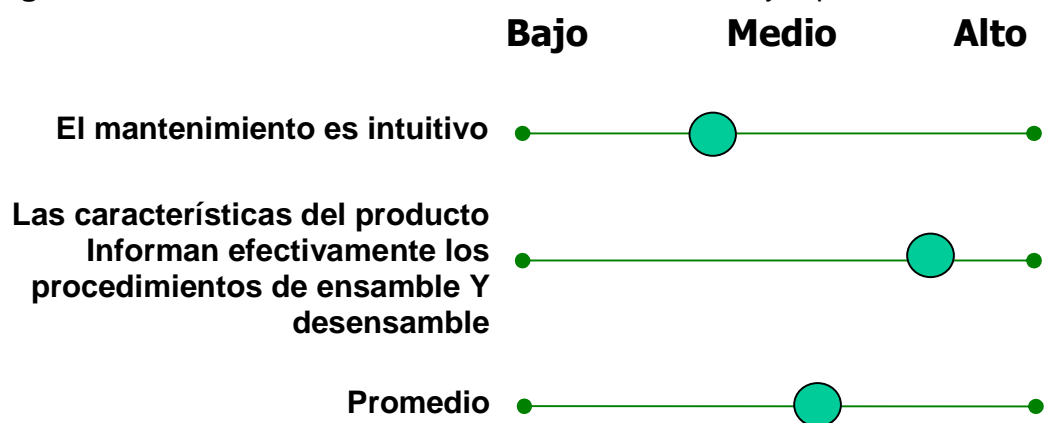
8.3.2 Requerimientos emocionales

Figura 32. Evaluación de la calidad de los requerimientos emocionales.



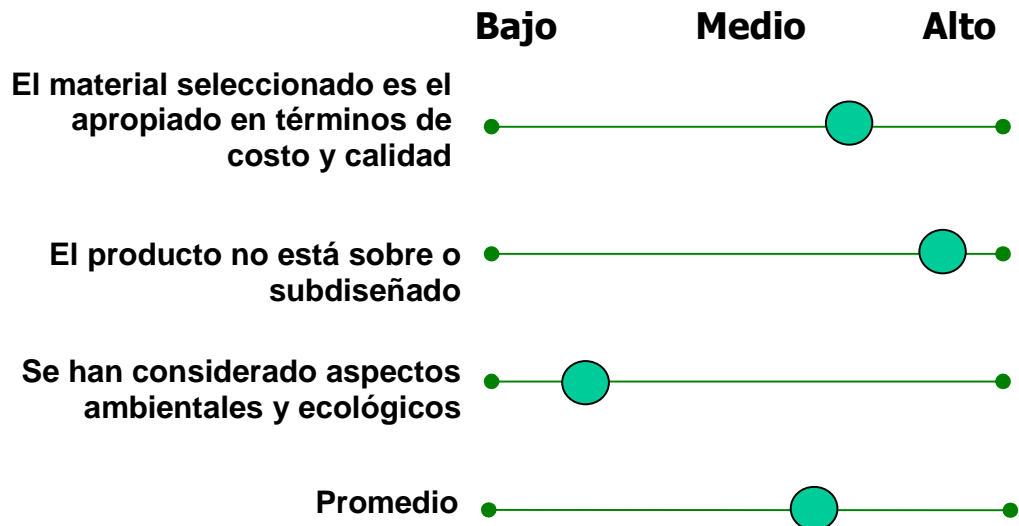
8.3.3 Facilidades de Mantenimiento y Reparación

Figura 33. Evaluación de la facilidad de mantenimiento y reparación.



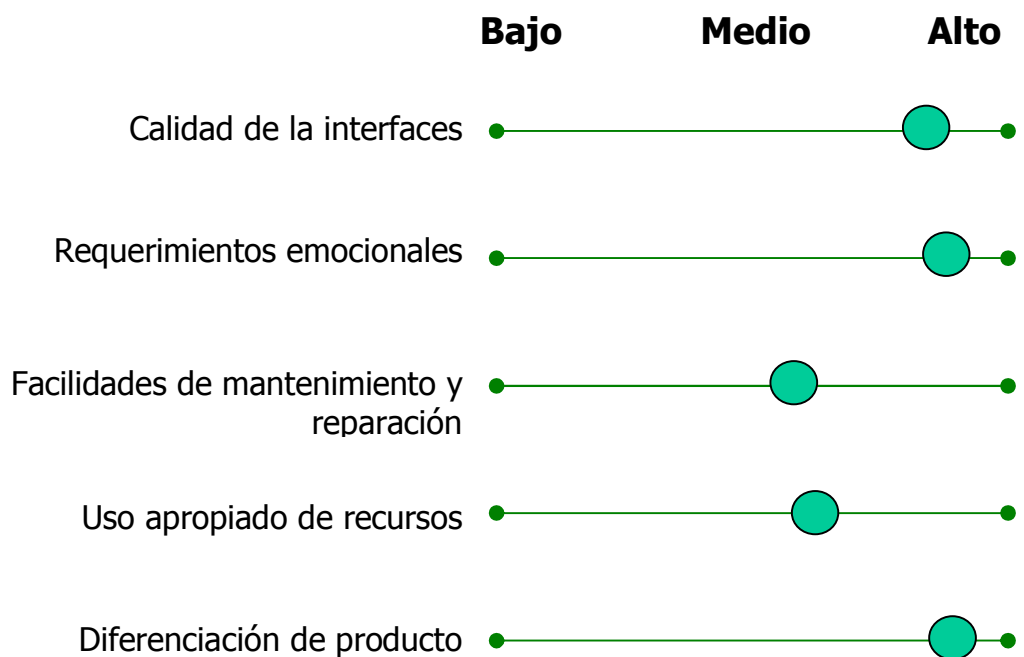
8.3.4. Uso apropiado de recursos

Figura 34. Evaluación de la calidad del uso apropiado de los recursos.



8.3.5. Valoración de la calidad del diseño industrial. En este punto se recopilan los promedios de los puntos anteriores para conformar la valoración de la calidad del diseño industrial.

Figura 35. Evaluación de la calidad del diseño industrial.



9. DISEÑO PARA MANUFACTURA Y ENSAMBLE

9.1. ANÁLISIS DE DISEÑO PARA MANUFACTURA (DPM)

El Humation es un producto nuevo y esta compuesto por un gran número de partes estándar al igual que esta compuesto por un número significativo de partes diseñadas y construidas por el grupo de diseño y desarrollo, cada una de las partes construidas fue diseñada pensando en la optimización de los recursos.

Los circuitos electrónicos (PCB) se diseñaron en varias partes, esto debido a la necesidad de ubicar de forma equilibrada por toda la estructura dichos componentes, para evitar la complejidad en el ensamble se construyeron compartimentos de fácil acceso cuidando siempre que los circuitos no queden expuestos a posibles agentes que causen corrosión o cualquier otro daño.

9.1.1. Lista de componentes

Cuadro 27. Lista de componentes.

Componente	Cantidad	Costo (unitario)	Estándar	Proceso
Plancha superior	1	25000	No	Torneado
Plancha inferior	1	25000	No	Torneado
Tubo cuerpo	1	5000	Si	
Espárragos	4	4000	No	Corte-Roscado
Balinerá R6-2RS	4	3600	Si	-----
Balinerá 51106	1	3400	Si	-----
Balinerá 51100	1	3400	Si	-----
Balinerá 618	2	8000	Si	-----
Soporte balíneras inferior	1	2000	No	Corte láser
Soporte Balíneras superior	1	2000	No	Corte láser
Soporte platinas	1	29000	No	Fresado-torneado y machuelado
Platina frontal	1	15000	No	Fresado y taladrado
Eje barra	1	3000	No	taladrado

Barra ovalada	1	10500	No	Taladrado
Platina soporte motor	2	7000	No	Fresado y taladrado
Eje de masas	2	2000	No	Roscado
Eje soporte motor	2	2000	No	Roscado
Soporte primario motor	2	5000	No	Fresado y torneado
Soporte secundario motor	2	5000	No	Fresado y torneado
Motor Electrify T-400GD + Caja de reducción + Hélice	2	65000	Si	-----
Motor-reductor NH-GH12-1926Y	1	70000	Si	-----
Sensor E4P us digital	2	73500	Si	-----
Llave óptica P7G49 omror	1	4000	Si	-----
Eje sensor E4P	2	12000	No	Torneado
Tapa sensor E4P	2	10000	No	Torneado
Soporte Motor-reductor	1	15000	No	Corte láser
Carcasa LCD	1	75000	No	Corte láser y Sandblast
Carcasa Botones	1	85000	No	Corte láser y Sandblast
Carcasa Motor	1	25000	No	Corte láser y Sandblast
Carcasa cargador	1	50000	No	Corte láser y Sandblast
Carcasa circuitos barra ovalada	2	80000	No	Corte láser y Sandblast
Arandela de seguridad DIN 6799	2	2500	Si	-----
Tornillos 3M *10mm	10	200	Si	-----
Tornillos 3M *5mm	8	200	Si	-----
Tornillos 3/16'*10mm	6	300	Si	-----
Empaque	1 M	4800	Si	-----
Prisionero 3M *5mm	4	200	Si	-----
Soportes Circuitos	5	15000	No	Fresado
Base 40 pin	2	800	Si	-----
Conector Zen 2pin	30	250	Si	-----

Conector Zen 4pin	4	400	Si	-----
Conector Zen 8 pin	3	800	Si	-----
Conector Ribon 16h	5	800	Si	-----
Conector Ribon 26h	1	900	Si	-----
Regleta 90° Macho	2	2100	Si	Corte
Regleta Ribon Mach	1	2700	Si	Corte
Regleta 40 pin Hem	1	2100	Si	Corte
Regleta 40 pin Mach	2	2000	Si	Corte
Jumpers	2	300	Si	-----
Cable Ribon 20 h	2 M	4000	Si	-----
Cable Ribon 16 h	1M	1500	Si	-----
Cable Ribon 26 h	1 M	4000	Si	-----
LCD 4x 20	1	70000	Si	-----
Transmisor RF TLP434	3	40400	Si	-----
Receptor RF RLP434	3	30000	Si	-----
PCB	6	15000	No	Scrimp
PCB pequeñas	4	5000	No	Scrimp
Led's Rojos 5mm	25	150	Si	-----
Led verde 5mm	1	500	Si	-----
Led's Bicolor 5mm	4	1000	Si	-----
Led's Luz blanca 5mm	6	600	Si	-----
Resistencia 10K Ω	10	100	Si	-----
Resistencia 1K Ω	25	50	Si	-----
Resistencia 250 Ω	15	50	Si	-----
Resistencia 78 Ω	1	50	Si	-----
Resistencia 180 Ω	1	50	Si	-----
Trimer 10K Ω	2	1800	Si	-----
Reóstato 10K Ω	2	250	Si	-----
Transformador 200 mA	1	6500	Si	-----
Puente rectificador 1.5 A	1	450	Si	-----
Regulador Lm 317 T	2	1200	Si	-----
Regulador Lm 317 K	2	11000	Si	-----
Regulador Lm 7805	3	900	Si	-----
Fuente de poder ATX	1	38500	Si	-----
Diodo 1n4001	6	50	Si	-----
Diodo 1n4004	12	50	Si	-----
Diodo 1n5404	6	50	Si	-----

Opto acoplador 4n33	7	800	Si	-----
Pulsadores	18	250	Si	-----
Estaño	1/8 lb.	3000	Si	-----
Batería 4.8V	1	8400	Si	-----
Condensador 4700 uF x 25v	1	1500	Si	-----
Condensador 47 uF x 35v	10	150	Si	-----
Condensador 10 uF x 25v	4	100	Si	-----
Condensador 0.1 uF x 50v	7	150	Si	-----
Condensador 27 pF	6	150	Si	-----
Disipadores	5	1000	Si	-----
Transistor IRF 540	6	3300	Si	-----
Transistor IRF 9530	6	3400	Si	-----
Transistor Bc 547B	6	300	Si	-----
Opto acoplador 4N33	8	800	Si	-----
Compuerta lógica 7408	1	1000	Si	-----
Compuerta lógica 7404	1	1000	Si	-----
Integrado Lm3914	1	6800	Si	-----
Cristales 20 Mhz	4	1000	Si	-----
Pic 18 f 452	1	27000	Si	-----
Pic 18 f 4520	2	25000	Si	-----
Relevo 120 v AC	1	8500	Si	-----
Base relevo	1	3500	Si	-----
Relevo 5 V DC	1	4500	Si	-----
Estructura Soporte	1	105000	No	Corte , Taladrado

9.1.2. Impacto del DPM sobre otros factores. Con la finalidad de hacer mas fácil y optimizada la manufactura, en el proceso de diseño se tomaron muy en cuenta la complejidad de las piezas y los procesos a los que debían ser sometidas.

Algunas de las piezas realizadas para este producto fueron cortadas con maquinas de corte láser, se eligió este proceso por la exactitud, calidad de corte y velocidad que brindan las maquinas de este tipo, ahorrando mucho tiempo y evitando tener que recurrir a procesos de rectificación y/o limado

A pesar de que el uso de recursos de fácil consecución en el mercado local es una prioridad, también lo es la calidad del producto final, aquí es donde entran herramientas como el Internet que brinda la facilidad de comprar piezas en cualquier parte del mundo.

9.2. ANÁLISIS DEL DISEÑO PARA ENSAMBLE (DPE)

Con el DPE se busca la maximización de calidad y minimización del tiempo de ensamble del producto minimizando así costos, para esto se tienen en cuenta factores como la facilidad de ensamble, herramientas que intervienen en el proceso de ensamble entre otros.

9.2.1. Reducción del costo de ensamble.

Índice de tiempo para ensamblaje. Índice DPE =
$$\frac{\# \text{ min de Partes} * 3S}{\text{Tiempo estimado para ensamble}}$$

$$\text{Índice DPE} = \frac{140 * 3S}{40 * 60S} = 0.175$$

El uso de sistemas auto ajustables como el de las carcasas en donde la sujeción se realiza por medio de ganchos de la misma pieza, reduce el uso de tornillos y el tiempo de ensamble de las mismas.

9.2.2. Maximización de la facilidad del ensamble. Se procuro para el fácil ensamble el uso de tornillos del mismo tipo y tamaño esto sin sacrificar en ningún momento seguridad ni calidad del producto, también se utilizaron arandelas de seguridad para ejes.

Los circuitos eléctricos están ubicados en puntos de fácil acceso y están asegurados con tornillos y uñas que salen de los soportes.

En la HMI el circuito impreso esta sujeto por la misma carcasa al igual que el LCD.

9.3. REDUCCIÓN DEL COSTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Las piezas fueron diseñadas para evitar que en el ensamble se produzcan errores, se crearon formas diferentes para cada pieza, en el caso de la HMI las partes como las tapas tienen letras que para leerlas tienen que estar al derecho, dando a entender la manera en la que deben ir montadas.

10. PROTOTIPADO

10.1. PROTOTIPOS UTILIZADOS Y SUS FUNCIONES

Las diferentes clases de prototipos usados durante el proceso de diseño y desarrollo fueron una útil herramienta para comprobar los conceptos que paso a paso surgían.

Se recurrió a un prototipo para el diseño electrónico montado en protoboard y en un circuito electrónico de pruebas para los sistemas de control, además de esto se utilizó el programa ISIS de Proteus.

Un segundo prototipo fue el un prototipo para analizar las partes mecánicas, se desarrollo en una herramienta computacional de diseño 3D, fue de mucha utilidad para magnificar las restricciones y para obtener los planos de manufactura.

El tercer prototipo fue el prototipo de los sistemas de control, para este se uso la herramienta de Fuzzy de Matlab, se genero con esta herramienta las tablas de control y su eficiencia.

El cuarto prototipo fue el de análisis de la programación de los microcontroladores, se utilizo Mplab e ISIS de Proteus, estos permitieron hacer unas correcciones previas sin necesidad de hacer montajes en protoboard.

11. DISEÑO DETALLADO

11.1. DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMOS

Partiendo de las necesidades y las características de los sistemas de humo y luces para discotecas actuales y apoyándose en el diseño de la planta de control tipo helicóptero de dos grados de libertad invertida, surgió el modelo básico a desarrollar.

Los grados de libertad aportados por la morfología de la plana tipo helicóptero sirvieron como plataforma para conseguir secuencias de movimientos que permitieran generar trayectorias con el humo y efectos lumínicos que resultaran agradables a la vista.

11.2. SELECCIÓN DE MOTORES

El prototipo está dotado de dos tipos de motores, cada uno para una tarea diferente y con funcionamiento diferente. Un tipo de motor, es un motor de aeromodelismo a 7.2v-8.4v del fabricante Electrify con un cociente de reducción de 3 a 1 con una velocidad de 2900 RPM con carga (hélice) encargado de la rotación en el vértice, el segundo motor es el que hace girar la barra con respecto al horizonte.

El diseño de la barra está pensado para evitar esfuerzos innecesarios por parte de los motores, esto quiere decir que el peso está equitativo en los extremos de la barra.

El cálculo de los motores se realizó apoyado en la herramienta con la que cuenta Solid Edge para el cálculo de momentos de inercia y centro de masa.

11.2.1. Cálculos motor movimiento horizontal (Moto reductor). Para calcular la fuerza que requiere el motor, se hallara la fuerza que se le debe aplicar a la barra para que inicie rotación en un punto crítico con una aceleración (α) determinada, la barra tiene el

Tenemos que:

$$\Sigma T = I \cdot \alpha \quad \& \quad T = F \cdot X \cdot \sin(\beta)$$

Donde: T = torque generado por la fuerza F

I = es el momento de inercia de la barra (tomado de Solid Edge)

X = Es la distancia del centro de rotación al punto en el cual se aplicara la fuerza.

ω = Es la velocidad angular.

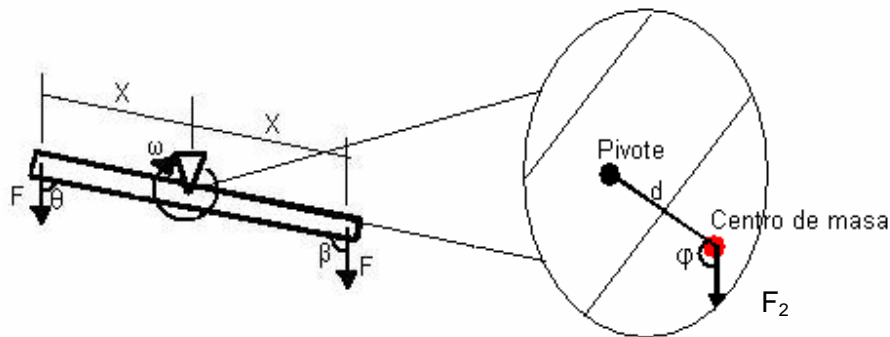
r = Radio del cuerpo.

β = Angulo formado entre la fuerza F y la barra

$$I = 2464947,683080 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$$

$$2464947 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ cm}^2} = 0,246947 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Figura 36. Diagrama de cuerpo libre movimiento en el horizonte



Analizando la sumatoria de torques:

$$\Sigma T = F \cdot X \cdot \sin(\beta) - F \cdot X \cdot \sin(\theta) - F_2 \cdot d \cdot \sin(\varphi)$$

Para cualquier valor de β el ángulo del extremo opuesto tomara un valor tal que convierte en 0 la operación de resta entre las operaciones relacionadas a ellos dos.

$$\Sigma T = 0 - M \cdot g \cdot d \cdot \sin(\varphi)$$

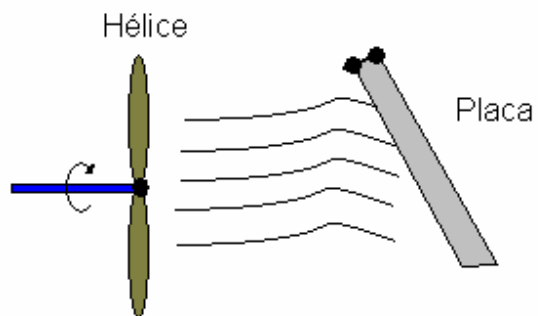
Para el punto mas extremo
 $\varphi = 135^\circ$ y $d = 0.021 \text{ m}$ entonces:

$$\Sigma T = -(1,7 \cdot 9.8) \text{ N} \cdot 0.021 \text{ m} \cdot \sin(135) = 0.2464 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se decide seleccionar un moto reductor del fabricante Hsang neng con un cociente de reducción de 60 a 1 y con un torque inicial de 5Kg-cm. que corresponden a 0.4903325N·m, Lo cual supera el torque necesario para iniciar el movimiento en el eje con un factor de seguridad de 2 (aprox.).

11.2.2. Cálculos para el motor del giro vertical. Para hallar la fuerza de empuje generada por el motor y la hélice, fue necesario llevar a cabo una práctica de laboratorio, la cual consistió en aplicar el viento desplazado por la hélice al girar a una placa pivotada en un extremo, conociendo el peso de la placa se puede llegar a una aproximación muy útil de la fuerza de empuje del sistema motor hélice.

Figura 37. Experimento placa ventilador.



Del experimento anterior resultó el siguiente cuadro:

Cuadro 28. Relación voltaje, velocidad y ángulo del sistema motor hélice.

ANGULO (Grados)	VOLTAGE (Voltios)	Velocidad (RPM)
11	2	1410
14	2,4	1720
16	2,8	1953
19	3,2	2206
25	3,6	2430
29	4	2620
33	4,4	2683
33	4,8	2776
35	5,2	2798
38	5,6	2820
38	6	2824
35	6,4	2825
35	6,8	2831
36	7,2	2838
37	7,6	2895

Con los valores del cuadro se obtienen las graficas que a continuación se presentan.

Figura 38. Relación entre el voltaje aplicado al motor y la velocidad de la hélice

Voltage Vs velocidad

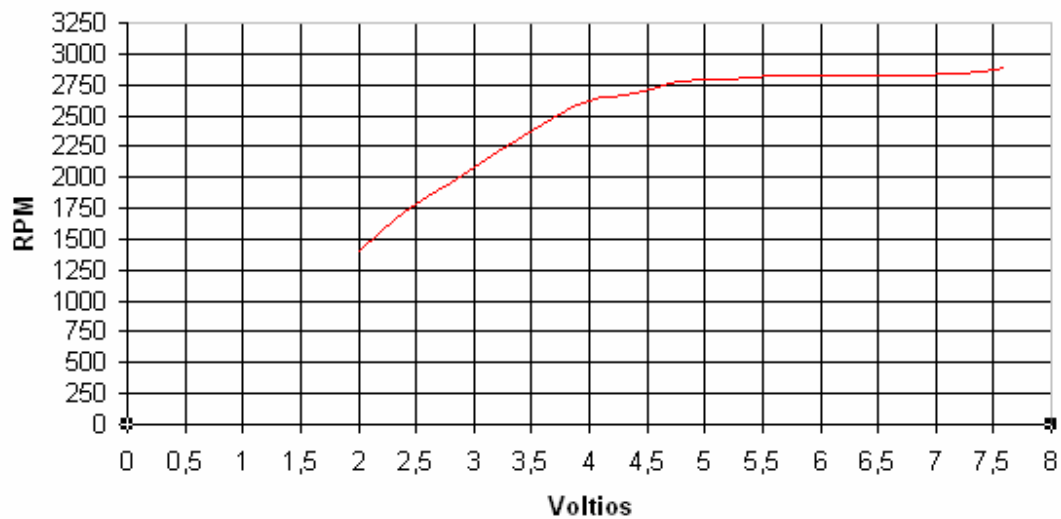


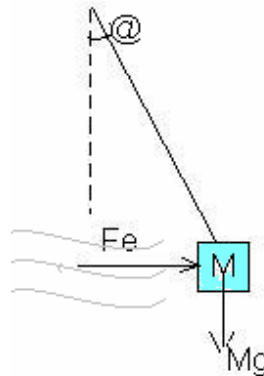
Figura 39. Relación entre el ángulo de la placa y la velocidad de giro de la hélice.

Velocidad vs angulo



Con estos datos es posible calcular la fuerza de empuje con relación a la velocidad máxima de la hélice, así:

Figura 40. Diagrama de cuerpo libre placa ventilador.



Del cuadro 27 tomamos el ángulo correspondiente a la velocidad máxima en RPM que es $\theta = 37$ grados, con este valor y sabiendo la placa que pesa 168,84 g esta en reposo, se aplica la segunda ley de Newton.

$$\begin{aligned}\sum F &= 0 \\ \sum F_x &= F_e - T \cdot \sin(\phi) = 0 \quad \rightarrow \quad F_e = T \cdot \sin(37) \quad \text{i} \\ \sum F_y &= T \cdot \cos(\phi) - M \cdot g = 0 \quad \rightarrow \quad T = \frac{M \cdot g}{\cos(37)} \quad \text{ii}\end{aligned}$$

Si reemplazamos ii en i tendremos que: $F_e = M \cdot g \cdot \tan(37) = 12.4656 \text{ N}$
Conociendo la fuerza de empuje de la hélice a la máxima revolución del motor podemos hallar la velocidad máxima de rotación el eje horizontal del Humation.

Tenemos que:

$$\text{i) } \sum T = I \cdot \alpha, \quad \text{ii) } T = F \cdot X \cdot \sin(\beta)$$

Donde: T = Troqué generado por la fuerza F hallada mediante el experimento Placa-ventilador.

I = Es el momento de inercia de la barra (tomado de Solid Edge)

X = Es la distancia del centro de rotación al punto en el cual se aplicará la fuerza (Radio de la barra).

α = Aceleración angular de la barra

ω = Velocidad angular de la barra.

β = Ángulo formado entre la fuerza F y la barra (90° invariables)

Figura 41. Diagrama de cuerpo libre Barra. (Giro en el vértice).



Tomamos la ecuación ii :

$$T = 2 \cdot F \cdot X \cdot 1 \rightarrow T = 2 \cdot 12.4656 \text{ N} \cdot 0.37 \text{ M} = 9.22454 \text{ N} \cdot \text{M}$$

$$\text{De i : } \alpha = \frac{T}{I} \rightarrow \alpha = \frac{9.22454 \text{ N} \cdot \text{M}}{I}$$

$$I = 729411 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ cm}^2} = 0,0729411 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Entonces: } \alpha = \frac{9.22454 \text{ N} \cdot \text{M}}{I} = 20,12 \frac{\text{rev}}{\text{s}^2}$$

11.3. ARQUITECTURA DE CONTROL Y DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE

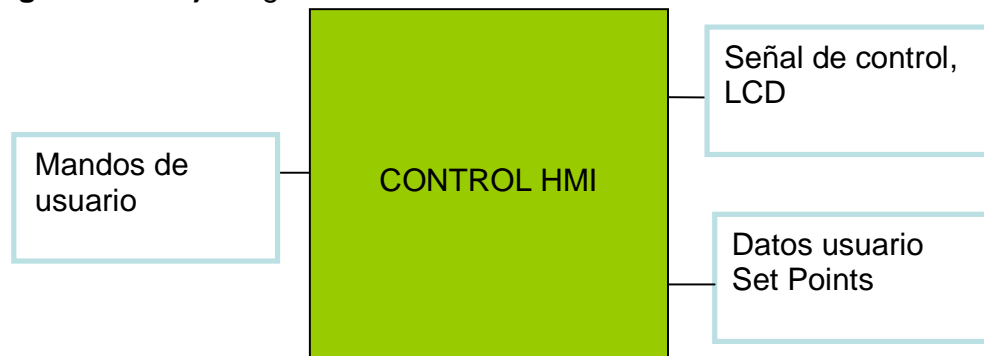
El sistema Humation esta diseñado con la capacidad de interactuar con el usuario y satisfacer ciertas necesidades, para ello se doto el aparato con una cierta cantidad de sensores y actuadores con cualidades idóneas para que el funcionamiento del mismo sea el correcto.

El Humation esta dividido en tres partes desde el punto de vista de control y hardware, comunicadas todas a través de un sistema de transmisión y recepción RF, una es la HMI encargada de capturar los setpoints y visualizar las variables relevantes para el usuario, otra es el sistema de control de los motores y luces el cual esta encargado de manejar los drivers de los motores y las secuencias de luces, y por último esta el sistema de procesamiento central el cual se encarga de enlazar los dos subsistemas anteriormente nombrados y en el cual se gravan las secuencias predefinidas por el usuario además de guardar las secuencias de control principales.

11.3.1. Control de la HMI. La HMI o control de mando, como anteriormente se mencionó es la encargada de mostrar y capturar datos hacia y desde el usuario, datos que sean relevantes para el funcionamiento del sistema general, por lo tanto el control de este modulo se hace sobre la captura de datos y la visualización en el LCD.

A pesar de la importancia de este modulo, para el funcionamiento de el Humation no es esencial, si existe fallas en este modulo se perderá la visualización y la capacidad de aceptar cambios en rutinas o creación de rutinas de efectos por parte del usuario.

Figura 42. Caja negra del Control HMI.



11.3.2. Control de motores y luces. En el sistema completo existen dos tipos de motores, uno es un moto reductor que actúa sobre el movimiento en el horizonte o ángulo horizontal y transmite de forma directa el movimiento (de eje a eje), dato a tener en cuenta cuando se va a pensar en el control, esto por la rapidez con la que responde el sistema a cualquier cambio en el valor de la señal de control.

A diferencia del movimiento horizontal, el giro sobre el eje vertical es producido por el empuje que genera el aire desplazado por dos hélices conectadas a su respectivo motor.

El que el actuador no este directamente conectado al movimiento del cual es responsable, sino que por el contrario el movimiento se produzca por un efecto indirecto, es decir que el que esta realmente generando el movimiento es el viento desplazado por la hélice, hace que el sistema sea algo más lento que el anterior.

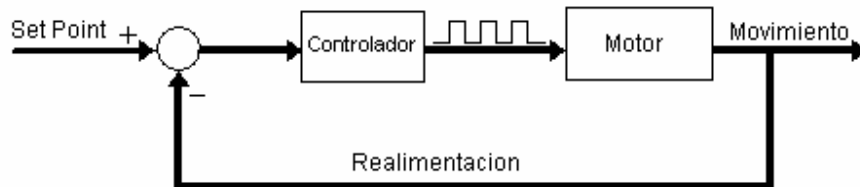
Contemplando lo anterior se tienen entonces dos sistemas a controlar que difieren el uno del otro en la velocidad de control.

El controlador debe generar dos señales de pwm, una para el giro en el horizonte y la otra para el giro en el eje vertical.

Figura 43. Caja negra del Control de Motores



Figura 44. Bucle de Control de Motores



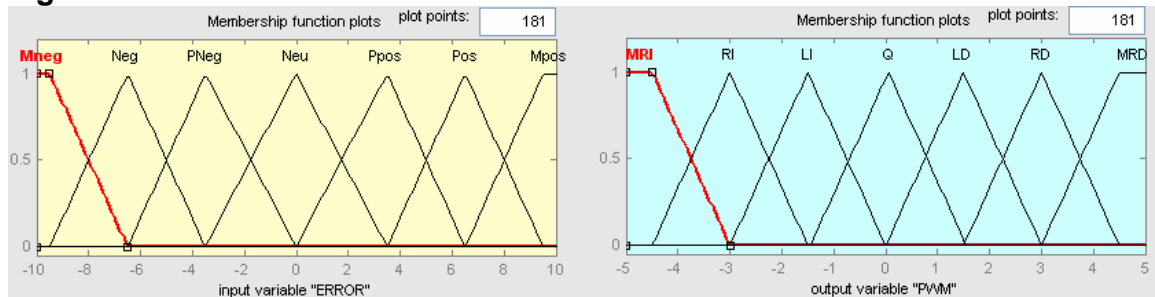
El Humation esta dotado de un controlador difuso, que por su naturaleza es muy fácil de implementar ya que no requiere cálculos ni programación compleja y que además es programado según la experiencia de los operadores permitiendo de esta manera que las pruebas y o reparaciones sean mas fáciles e intuitivas.

En el siguiente cuadro se especifica el esquema de las reglas del controlador Fuzzy para el Humation donde el error y la realimentación equivalen a las entradas del sistema.

Cuadro 29. Reglas del controlador difuso.

Regla No	Si el error es	Entonces el PWM :
1	Muy negativo	Muy Rápido Izquierda
2	Negativo	Rápido izquierda
3	Poco Negativo	Lento izquierda
4	Neutral	Quieto
5	Poco Positivo	Lento derecha
6	Positivo	Rápido derecha
7	Muy Positivo	Muy Rápido derecha

Figura 45. Particiones controlador difuso



11.3.3. Sistema de control central. El sistema de control central esta encargado de enlazar el mando de usuario con el control de los motores, de recolectar información de los sensores de rotación en el eje vertical, el sensor que indica que el humo esta listo para ser expulsado y expulsar el humo, almacena la información de cada uno de los efectos predeterminados o agregados por el usuario para que de manera aleatoria o cuando el usuario lo desee mostrar uno de ellos.

Este sub sistema es el que da la sincronía de todo el aparato, permitiendo que se puedan visualizar los efectos y sus respectivos datos.

Figura 46. Caja negra del Control Central



11.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

La energía proviene de una fuente ATX que entrega 12V a 15 A, los circuitos lógicos están dotados de Reguladores de voltaje L7805 que en la salida entregan 5 v. Los dos circuitos reguladores de voltaje de alta potencia con Lm 350 K es decir de empaque metálico que entregan una corriente típica correspondiente a 4.5 A, se hace necesario este tipo de regulador debido a que el consumo de

corriente de cada uno de los motores Electrify es de 2.9 A a 8V y es necesario también que cada motor cuente con su propio regulador.

Potencia motores:

Motores Electrify → $Potencia = 2.9 \text{ A} \cdot 8\text{V} = 23.2 \text{ W}$ cada uno

Motor Hang Seng → $Potencia = 0.300\text{A} \cdot 12\text{V} = 3.6 \text{ W}$

Los reguladores de los motores Electrify Cuentan con una potencia máxima de 30 W según el fabricante.

Para los reguladores lm 350K se realizó una prueba para comprobar la temperatura máxima, después de 5 minutos de trabajo continuo con los motores de 2.9A, se obtuvo una lectura de temperatura de 70 °C Valor que se encuentra a la mitad de el limite máximo del rango proporcionado por el fabricante.

El control de los motores se hace mediante un juego de tres Drivers que poseen cada uno 4 Mosfets, 2 irf9530 con una corriente de drenado de -12 A y dos irf540 con una corriente de drenado de 33 A . Los Drivers se encuentran conectados a través de opto acopladores al microcontrolador para evitar posibles daños en este por sobre cargas, los diodos están protegidos por resistencias de 270 Ω que con una tensión de 5 V permiten un flujo de corriente de 18 mA, valor que se encuentra en los rangos sugeridos por el fabricante.

El sistema electrónico consta de tres microcontroladores que se comunican de forma serial mediante módulos de radiofrecuencia del fabricante Laipac (Ver datasheet en anexo D), uno de los microcontroladores es el maestro y los dos restantes esclavos.

EL control de usuario HMI consta de uno de los tres microcontroladores que actúa como esclavo, también posee un LCD y un teclado con resistencias de pull up de 1K Ω , la luz de fondo del teclado es generada por 6 led's dispuestos en paralelo de luz blanca con un consumo total de 20 mA, un modulo de radio frecuencia y una batería de 4.8 voltios a 280 mAh que brinda una autonomía energética de aproximadamente dos horas en continuo uso.

El cargador de la batería de la HMI se diseño con las siguientes consideraciones:

⇒ Batería NiCd 4.8v 280 mAh

⇒ Para carga de batería, $I = 10\%$ de la corriente de la Batería, $I = 28 \text{ mA}$

Se utilizo un Lm 317 como regulador de corriente para poder obtener la corriente necesaria, este circuito trabaja con una tensión aproximada de 3v lo que significa que se debe alimentar con los tres voltios más los 4.8V de la Batería, lo que

Los sensores escogidos son los E4P de la US Digital con una resolución de 480 a 1200 pulsos por revolución.

Cuadro 30. Condiciones de operación del sensor E4P

Condiciones de operación Valores típicos especificados a: T=25°C, Vcc = 5v.recomendadas				
Parámetro	Min.	Tip.	Máx.	Unidades
Temperatura	0	25	85	°C
Voltaje de alimentación	4.5	5.0	5.5	V
Corriente del LED	13	15	18	mA
Frecuencia de conteo	-	-	60	KHz
Desalineación angular	-	0	±15	Grados
Inclinación de barra de código	-	0	1	Grados
Espacio entre barras de código	1.00	2.00	2.50	mm
Desalineación radial	-	-	±0.38	mm
Desalineación tangencial	-	-	±0.38	mm

Cuadro 31. Distribución de pines sensor E4P.

Pin	Descripción
1	5V DC Power
2	Canal A
3	Tierra
4	Canal B

Las salidas A Y B se leen como dos trenes de pulsos con un desfase de medio pulso entre ellos el cual permite interpretar el sentido de giro así:

Si El canal A esta adelantado el giro es en contra del reloj.

Si canal B esta adelantado el giro es en el sentido del reloj.

11.6. RESULTADOS FINALES DEL DESARROLLO

A continuación se presentan los resultados del diseño comparando una imagen virtual vs una fotografía del prototipo final.

11.6.1 Humation.

Figura 48. Imagen virtual del sistema Humation.

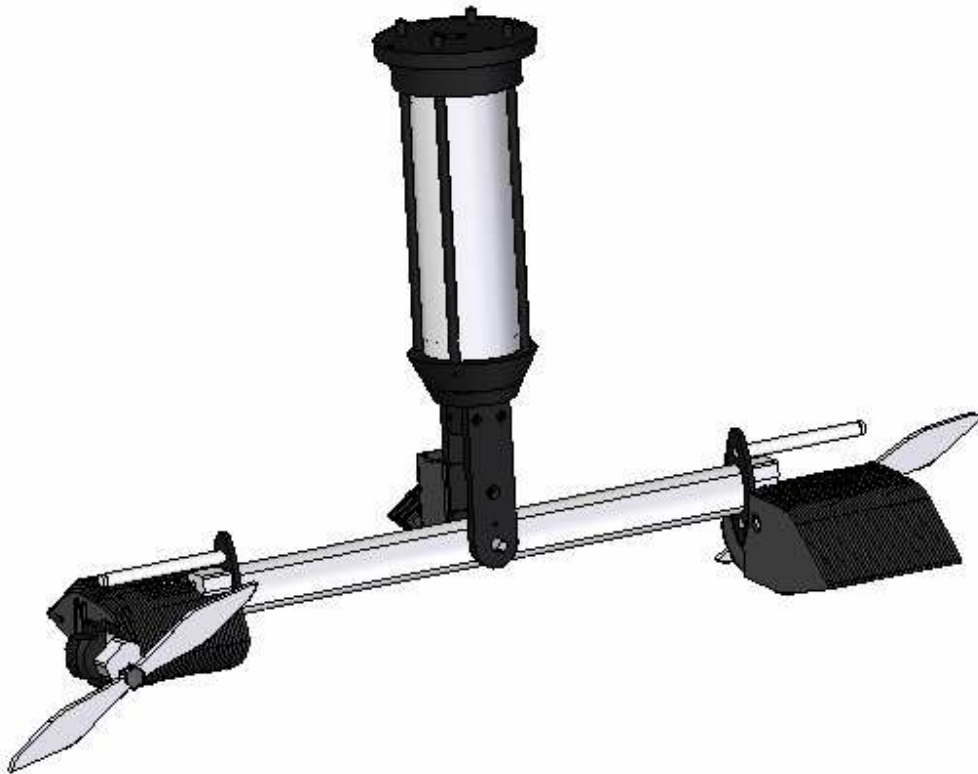


Figura 49. Fotografía del sistema Humation.



11.6.2 HMI

Figura 49. Imagen virtual de la interfase de usuario.

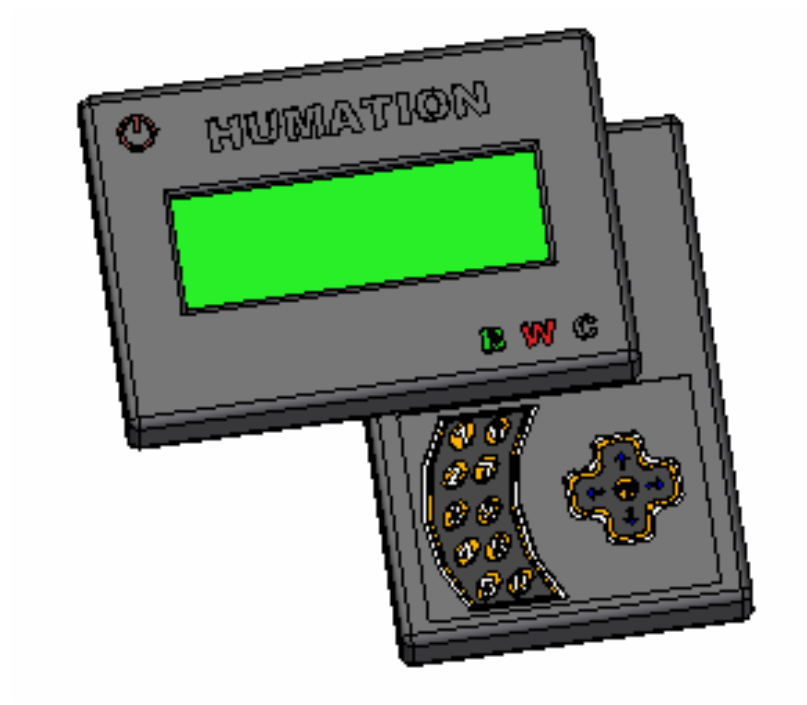


Figura 50. Fotografía de la interfase de usuario.



12.CONCLUSIONES

Se diseño y desarrollo un sistema de efectos especiales pensado en actividades lúdicas y de recreación, para ello se contó con la ayuda de personas las cuales fueron entrevistadas en la etapa de diseño para esclarecer las necesidades de los clientes y consumidores, obteniendo una lista de datos preliminares para el diseño y desarrollo del prototipo.

Como resultado del estudio de los diferentes sistemas de humo surgieron premisas y restricciones importantes para el diseño del Humation, uno de los sistemas mas significativos para el diseño de este, fue la maquina de humo Bull fog, que por su similitud sirvió como punto de referencia para la evaluación del Humation.

Se adecuó con éxito la estructura de la planta denominada como copter contando con el apoyo de sus diseñadores y generando un prototipo confiable estructuralmente y con una capacidad de generar trayectorias circulares que aportan un componente visual interesante a los efectos.

Después de generar conceptos para la transmisión de energía hacia el rotor se logró tomar una decisión mediada por el costo y facilidad de consecución local del dispositivo, siendo este un juego de rodamientos estándar se puede localizar sin problema alguno en los almacenes especializados y de repuestos para vehículos. Por medio de experimentos se logró definir que los rodamientos son idóneos para esta aplicación, aunque por el arco generado al transmitir la corriente halla un mayor desgaste de estos. Con este dispositivo se resolvió satisfactoriamente el problema con el cable al girar más de una vuelta el rotor.

Explorar el mercado local y las posibilidades que nos brindan los almacenes de la región, fue un primer paso para definir cuales dispositivos eran los indicados desde el punto de vista de economía y facilidad de adquisición, no obstante para algunas partes surgió la necesidad de importación, y jugo un papel importante el estudio previo de las características de dichas partes

La facilidad con la que se maquina el aluminio es un factor importante para la reducción de costos, además de el nivel de complejidad de las piezas que al ser bajo permite que se puedan realizar con maquinas muy habituales como fresadoras manuales y/o tornos manuales, Sumado a esto el uso de el acrílico, material muy común en nuestro medio y el uso de partes encontradas en el mercado. Factores que favorecen el mantenimiento y reparación del Humation.

La necesidad de que el dispositivo sea de fácil instalación es muy importante en el diseño de la interfase de usuario, pues hay que tener en cuenta cosas como el cableado y la alimentación. Por esta razón y con el ánimo de reducir costos de instalación surge el concepto de una comunicación inalámbrica dotando al usuario con un mando a distancia fácil de transportar.

Se minimizó la posibilidad de deterioro por filtración del humo que se licua por efecto de la gravedad centrípeta.

Como fruto del estudio del diseño de controladores, sus capacidades y cualidades, se llegó a la conclusión que el controlador difuso por sus características es el más indicado, pues no necesita un modelo de la planta además de la posibilidad de ser ajustado fácilmente simplemente conociendo el proceso que tendrá la planta.

Debido a la arquitectura de la programación y a que cada modulo cuenta con su propio micro controlador, se puede garantizar un funcionamiento mas eficiente y menos propenso a perdidas de información, asimismo se satisface la necesidad de que el usuario tenga que estar constantemente monitoreando su control de mando.

BIBLIOGRAFÍA

CAMAYO MARTINEZ, Carlos; ARIAS PARRA, JOHN. Diseño y construcción de un modulo para control angular de dos grados de libertad (Copter II). Cali, 2002. 102 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecatrónico). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

GUTIÉRREZ VELÁSQUEZ, Cesar; VERA MINA, Aner. Desarrollo de un módulo experimental para prácticas de control e instrumentación tipo placa ventilador (Turbiflat). Cali, 2004. 170 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecatrónico). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

MARTÍN, Bonifacio; SANZ, Alfredo. Redes neuronales y sistemas difusos. 2 ed. México, D.F.: Alfaomega-Rama, 2003. 440 p.

National analog and interface products data book. Santa Clara: National Semiconductors, 2002. 1760 p.

NELSON, Victor; NAGLE, Troy; CARROLL, Bill; IRWIN, David. Análisis y diseño de circuitos lógicos digitales. México D.F.: Prentice Hall, 1996. 842 p.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 4 ed. Madrid: Pearson Education, S.A., 2003. 984 p.

ROJAS ARCINIEGAS, Álvaro; SALAZAR JIMENÉZ, Fabián. Robot de exploración bioinspirado con sistema de visión artificial (Cíclope). Cali, 2003. 187 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecatrónico). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

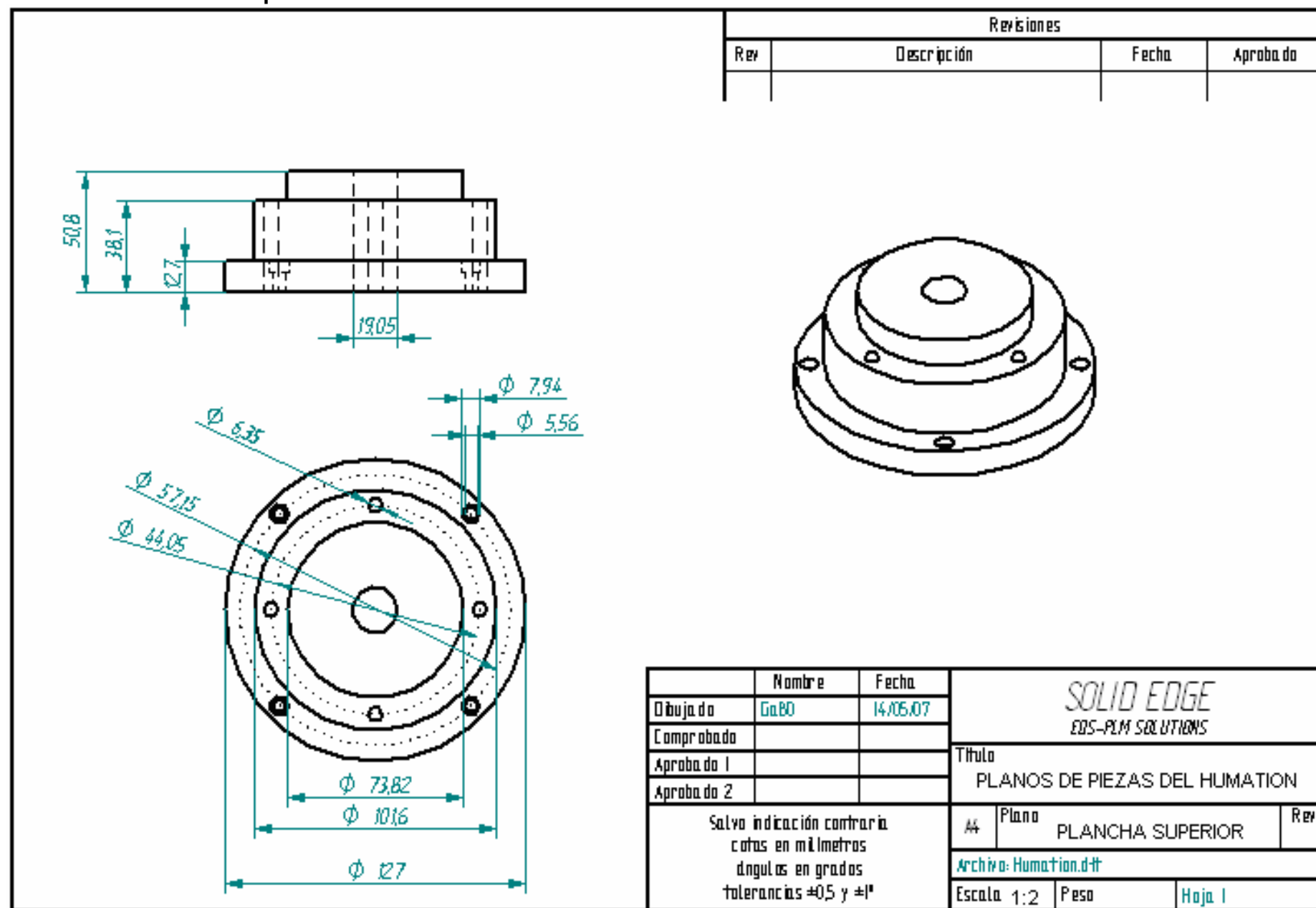
SKF Grop [en línea]. Gotemburgo: AB SKF, año 2006. [Consultado 13 de Mayo 2007]. Disponible en Internet: <http://www.skf.com/portal/skf/home/?lang=es>

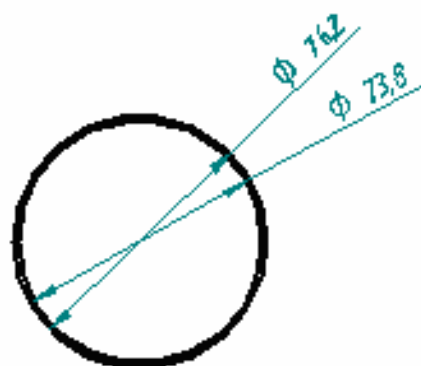
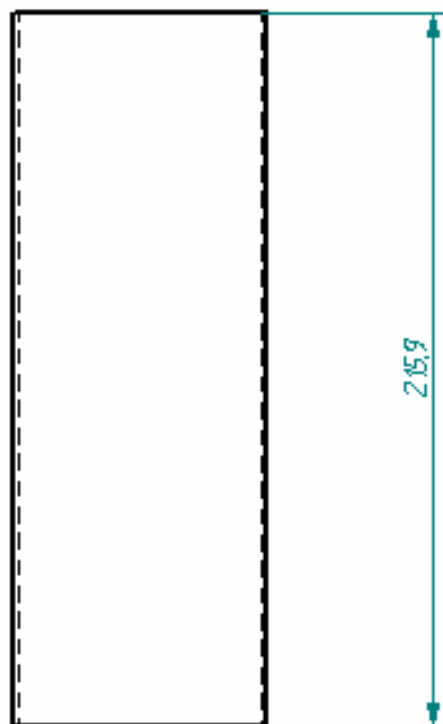
ULRICH, Karl; EPPINGER Steven. Product Design and Development. 2 ed. Boston: McGraw Hill, 2000. 358 p.

Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea]. Florida: wikipedia Foundation, 2006 [consultado 03 Mayo de 2007]. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>

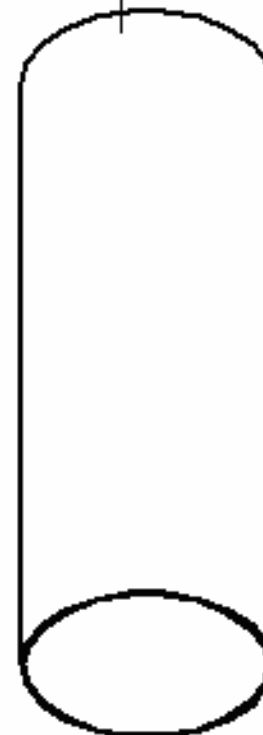
ANEXOS

Anexo A: Planos de despiece

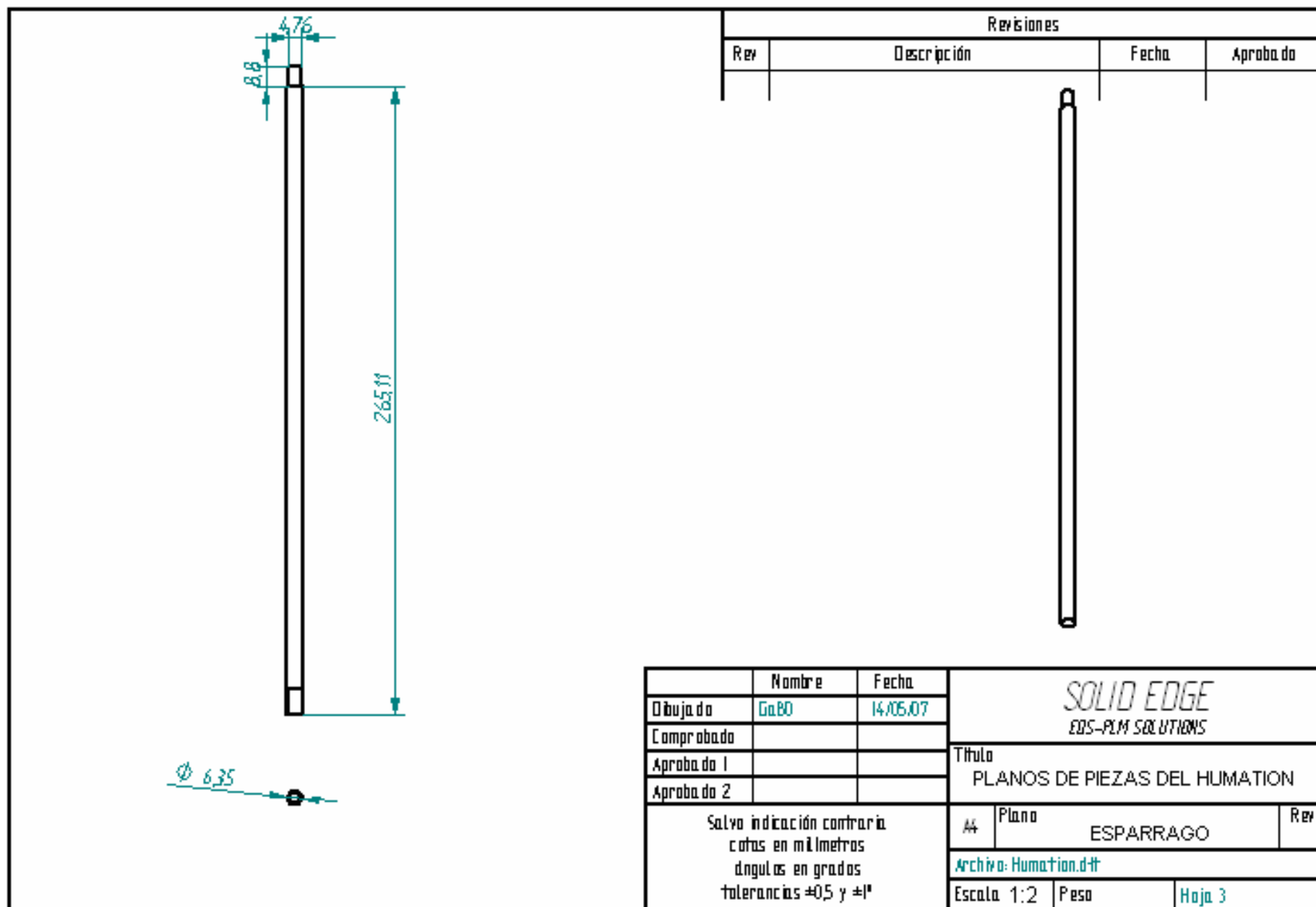


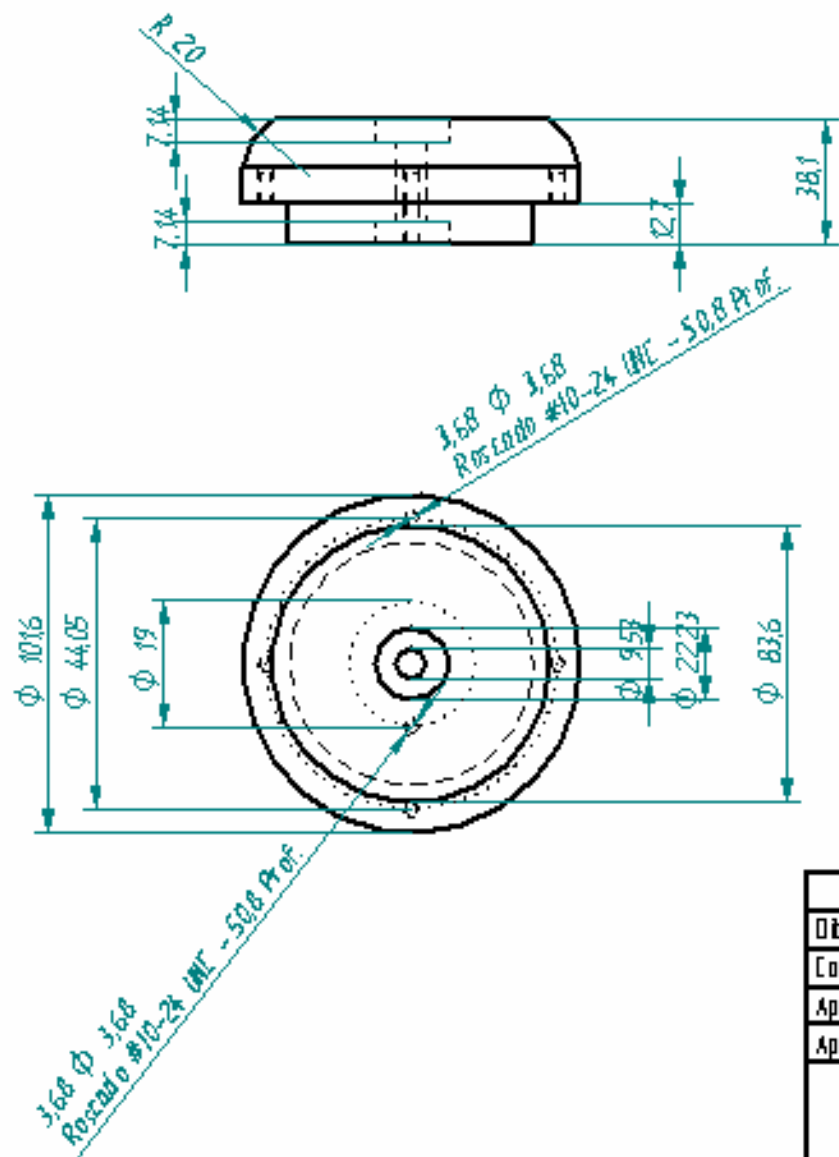


Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



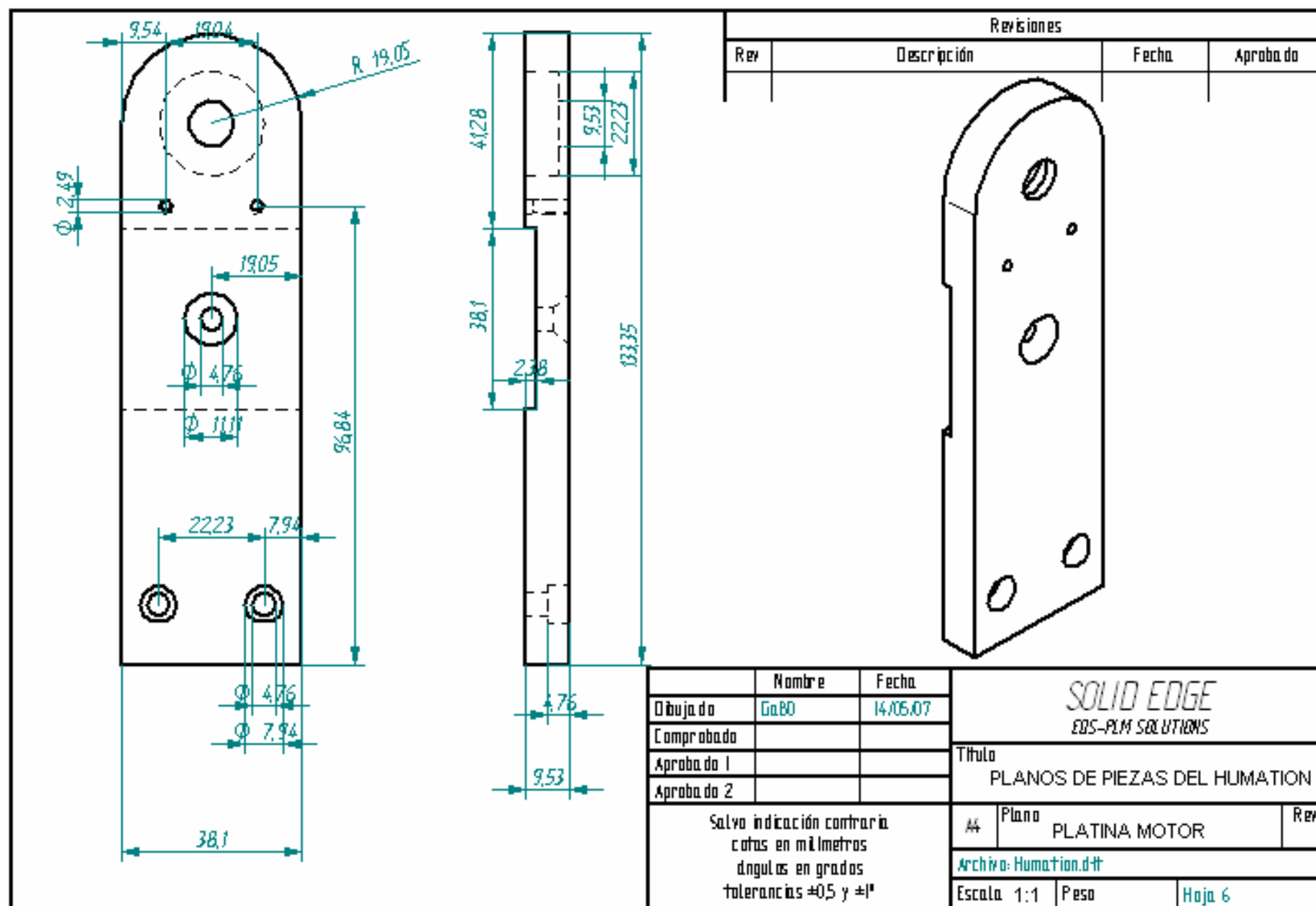
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Gal80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano CUERPO TUBULAR Rev	
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:2	Peso Hoja 2

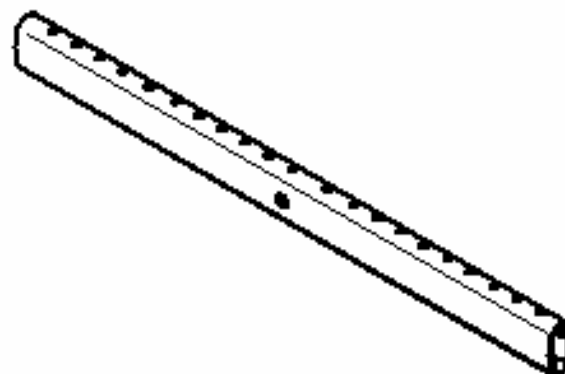




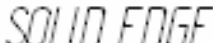
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

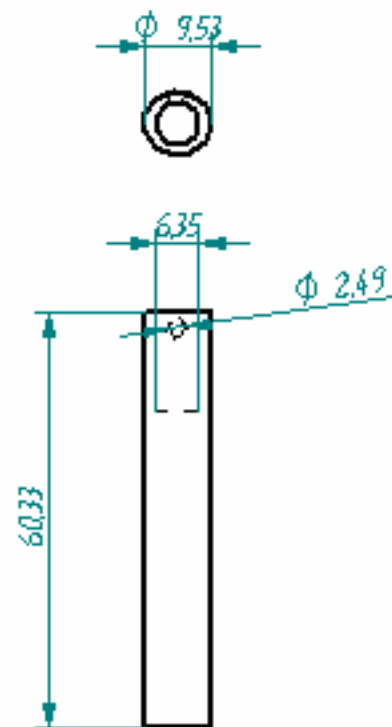
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ca80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$			A4 Plano PLANCHA INFERIOR	Rev
			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:2	Peso Hoja 4





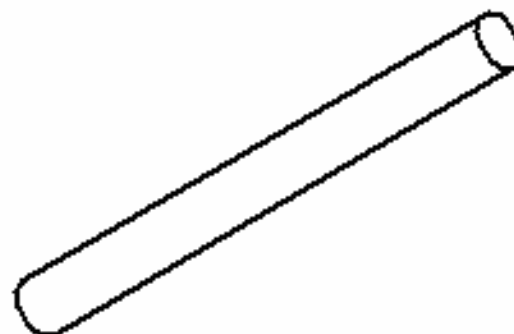
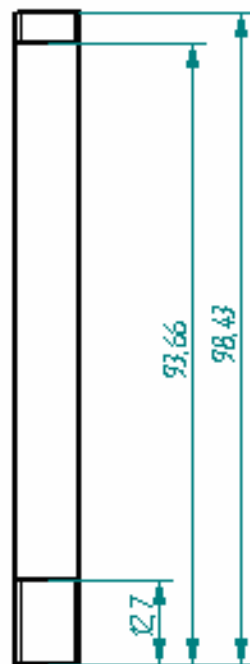
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

	Nombre	Fecha			
Dibujado	Ga80	14/05/07			
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y ± 1			A4	Plano BARRA OVALADA	Rev
			Archivo: Humation.dft		
			Escala 1:4	Peso	Hoja 7



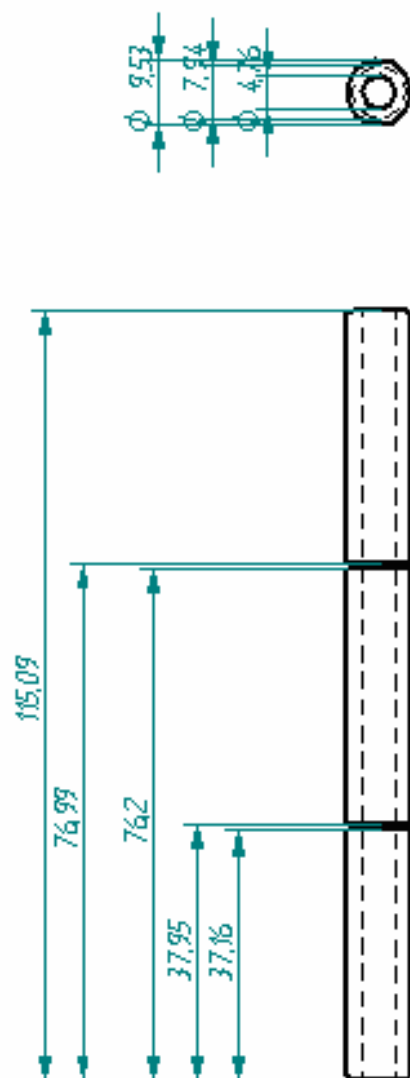
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

	Nombre	Fecha	<i>SOLID EDGE</i> EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ga80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano EJE BARRA OVALADA Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°			Archivo: Humation.dtt	
			Escala 1:1	Peso Haja 8

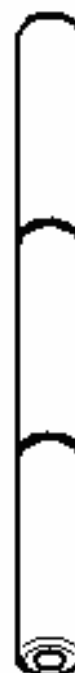


Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

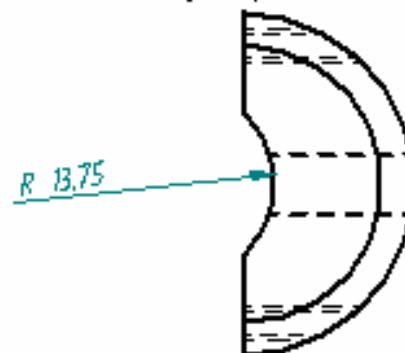
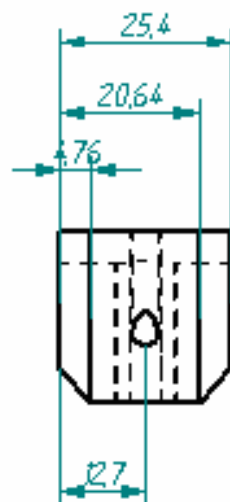
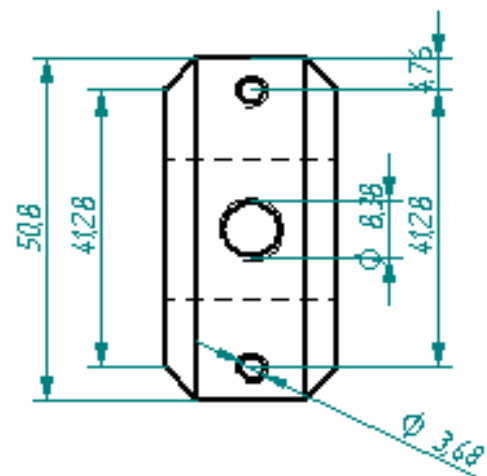
	Nombre	Fecha	<i>SOLID EDGE</i> EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ca80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1º			AA	Plano
			EJE SOPORTE MOTOR	
			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:1	Peso
			Hoja 9	



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



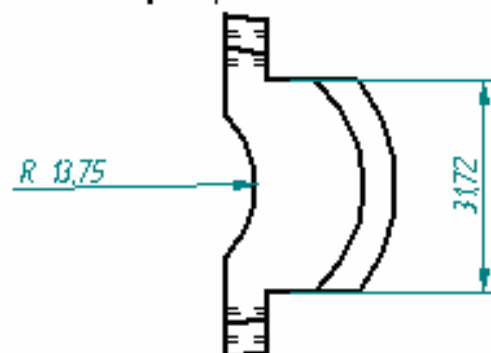
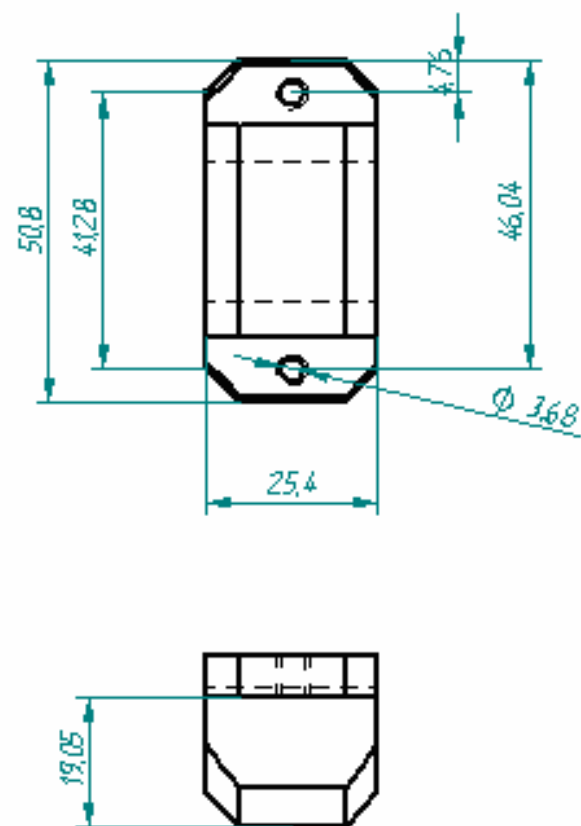
	Nombre	Fecha	<i>SOLID EDGE</i> EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ca80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano EJE ROTOR Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°			Archivo: Humation.dft	
			Escala	Peso 1:1 Hoja 10



Revisión

Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

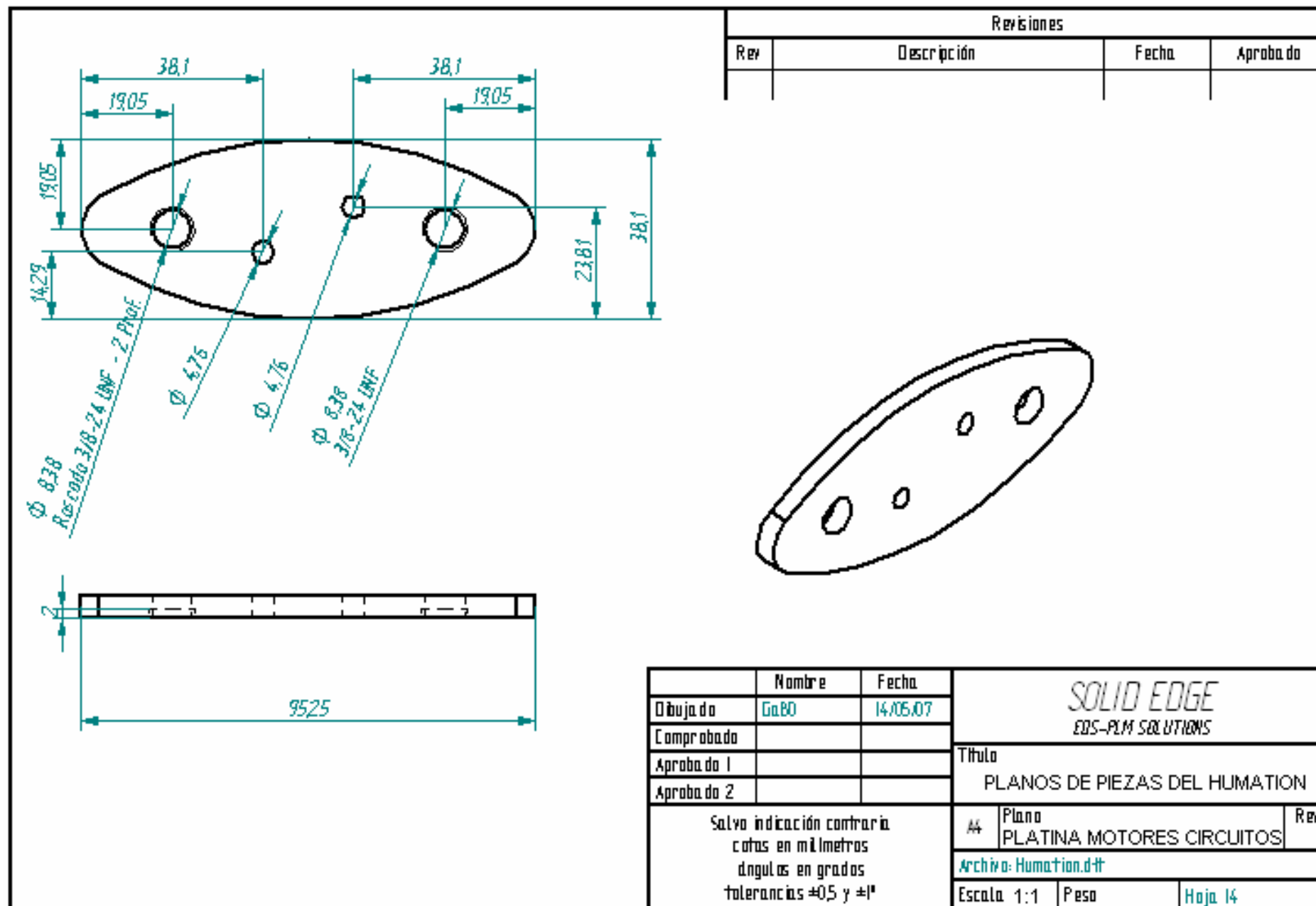
Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	14/05/07		
Comprobado		Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A4 Plano SOPORTE 1 MOTOR Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°		Archivo: Humation.dft	
		Escala 1:1	Peso Hoja 11

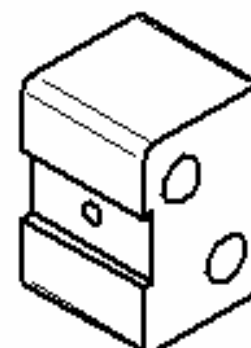
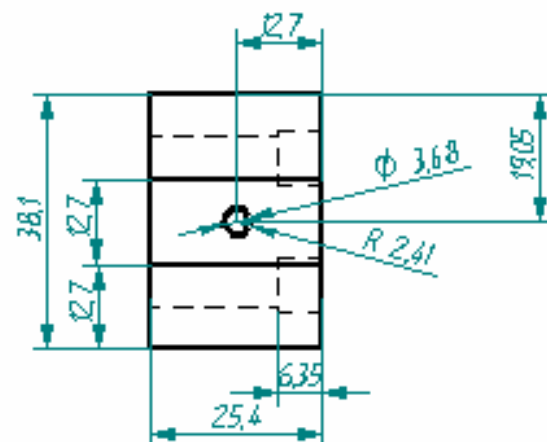
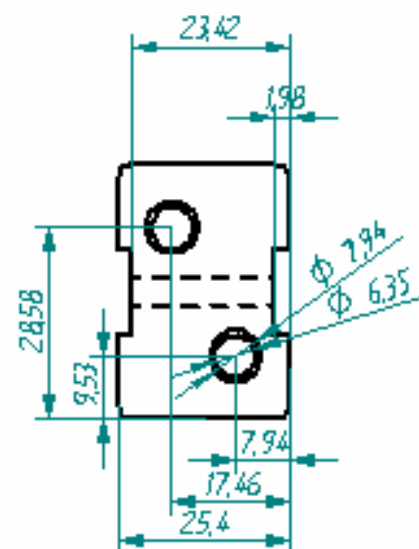


Revisión

Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

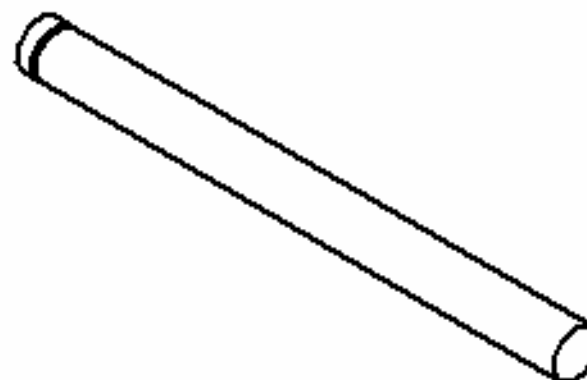
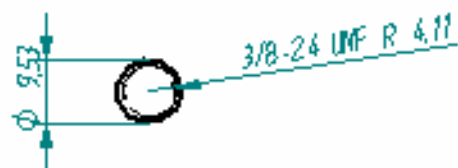
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS		
Dibujado	GABO	14/05/07	Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION		
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2			A4 Plano SOPORTE 2 MOTOR Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$					
			Archivo: Humation.dft		
			Escala 1:1	Peso	Hoja 12





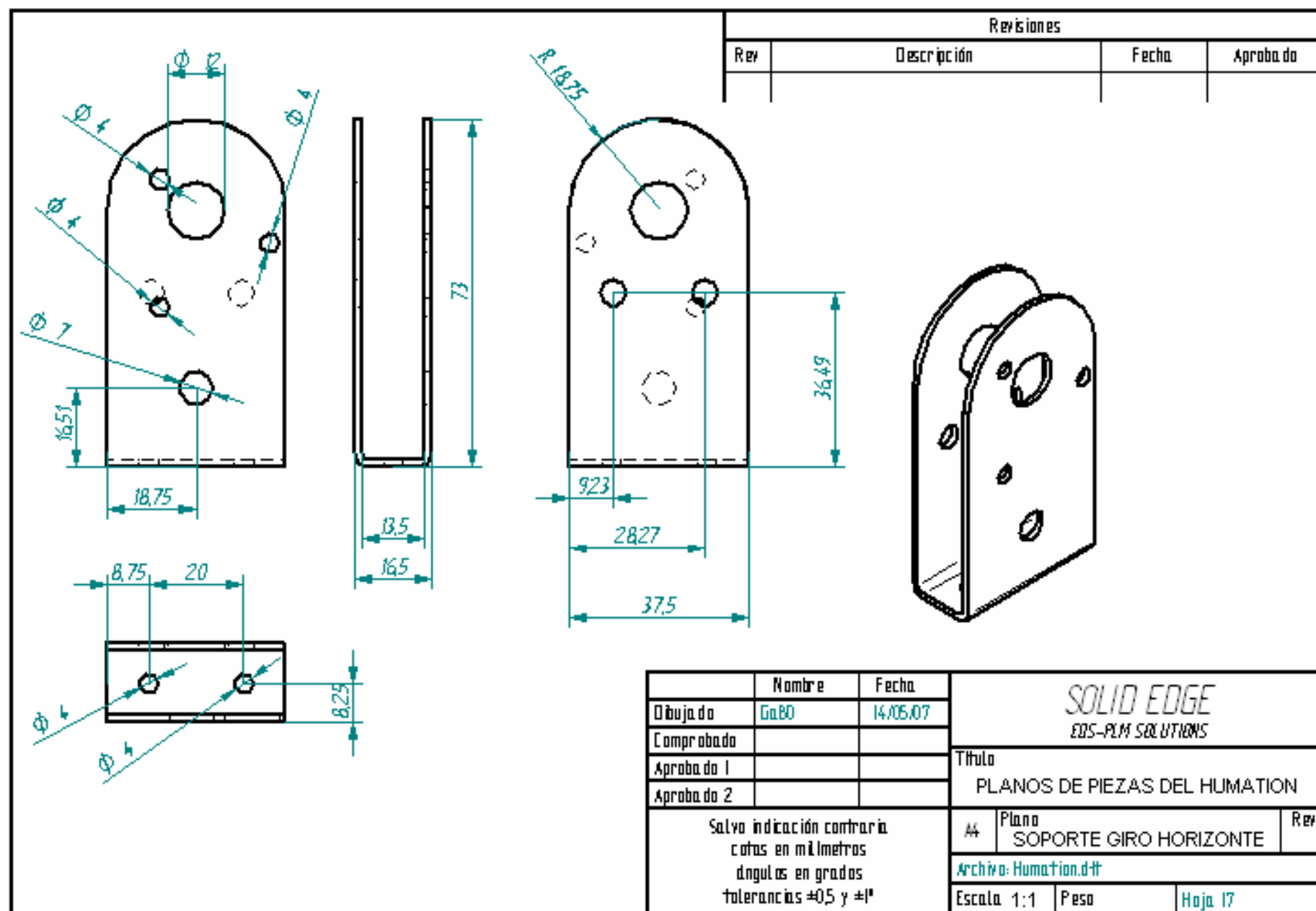
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

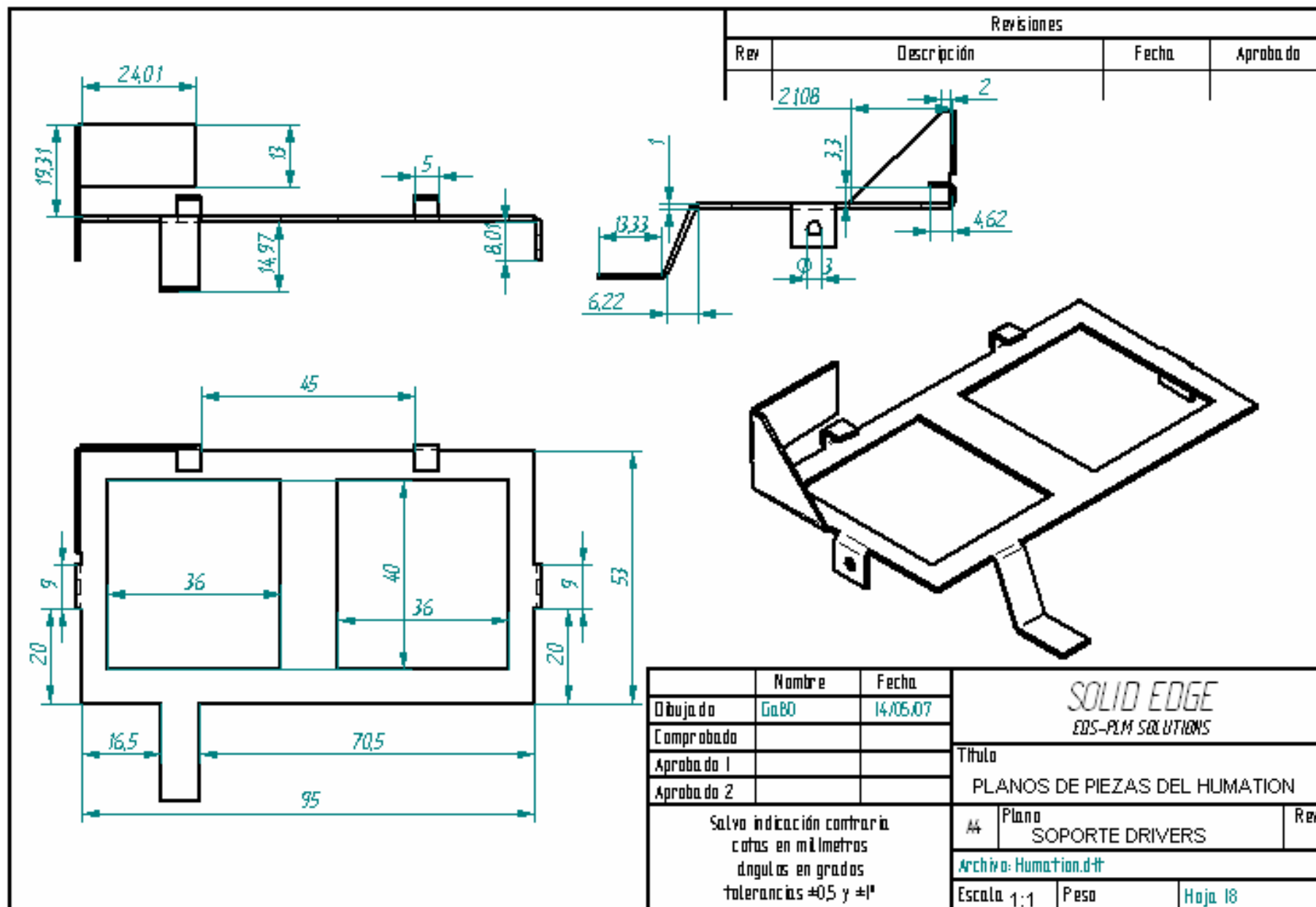
Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	GalBO		
Comprobado		Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°		AA	Plano DADO
		Archivo: Humation.dft	
		Escala 1:1	Peso Hoja 15



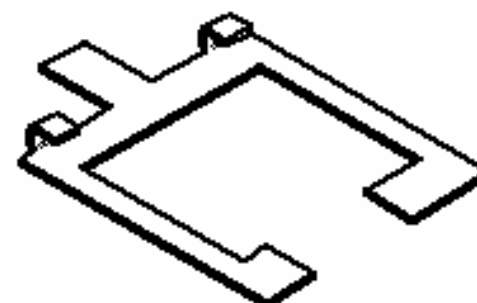
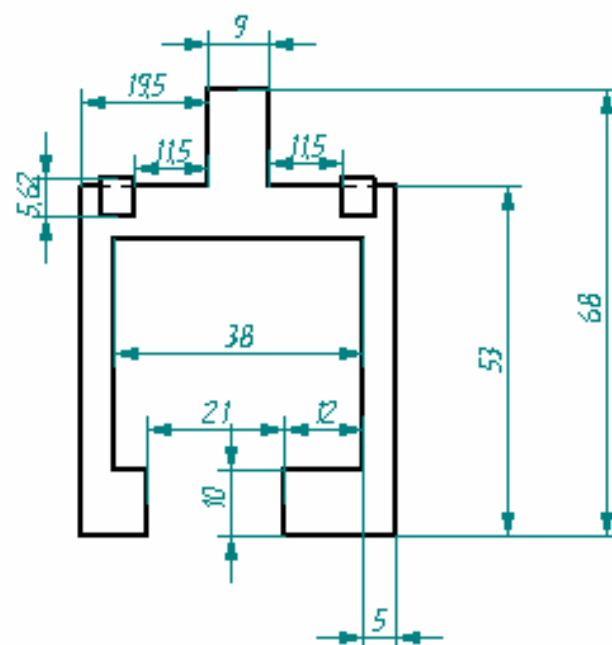
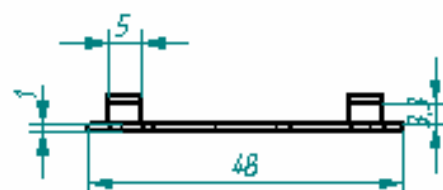
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

	Nombre	Fecha	<i>SOLID EDGE</i> EBS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	GABO	14/06/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano EJE DE PROTECCIÓN Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$			Archivo: Humation.dft	
			Escala: 1:1	Peso Hoja 16

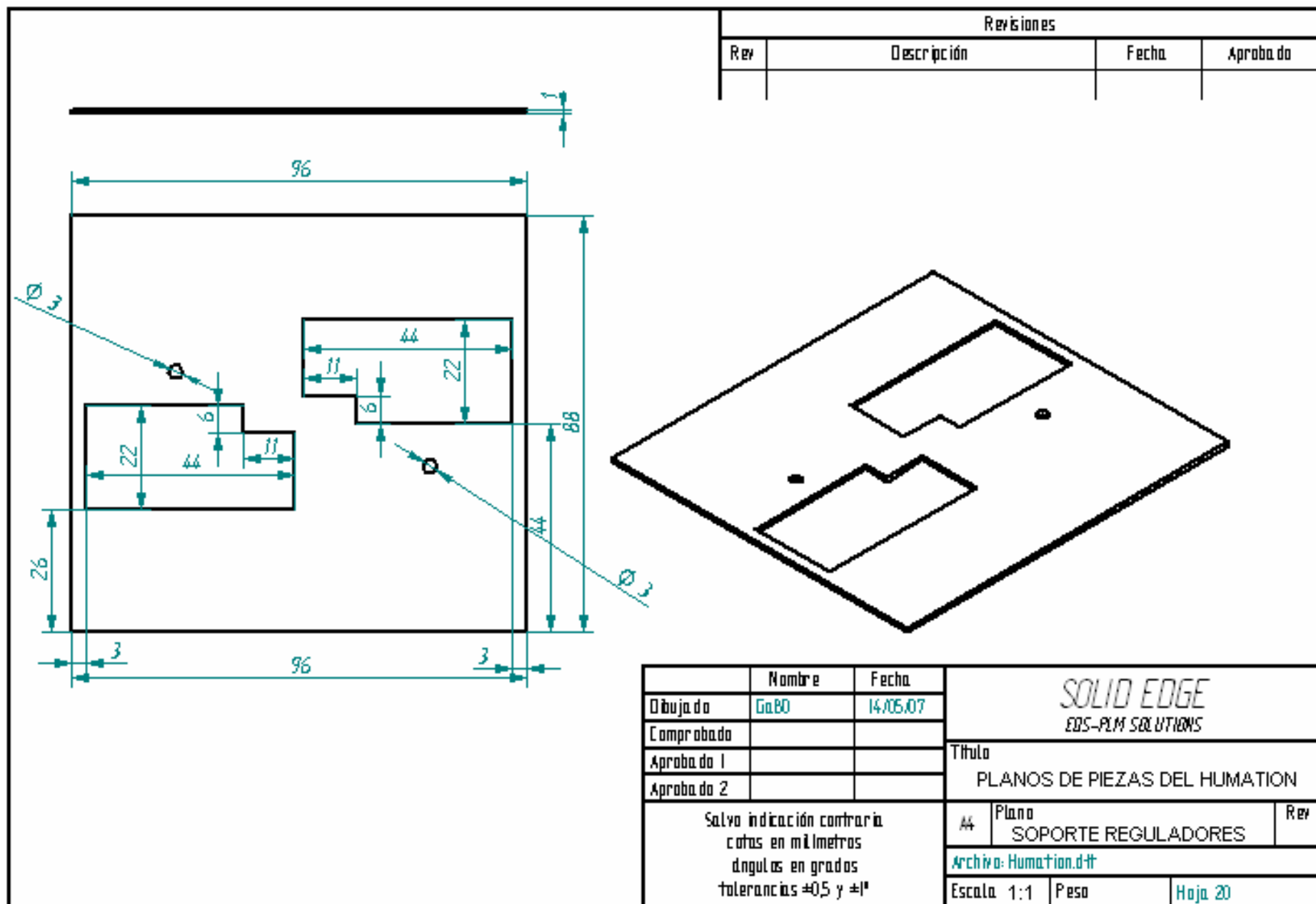


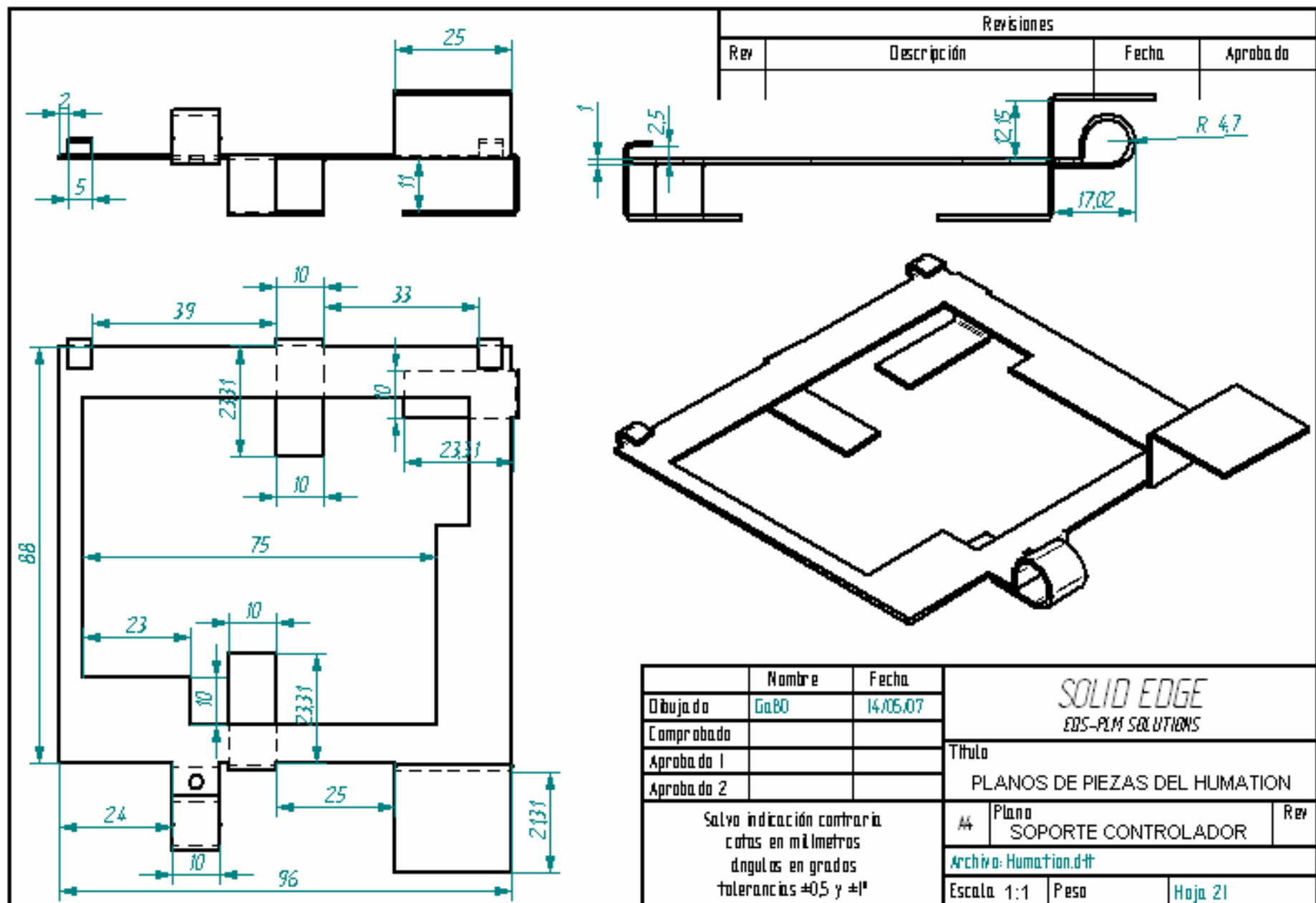


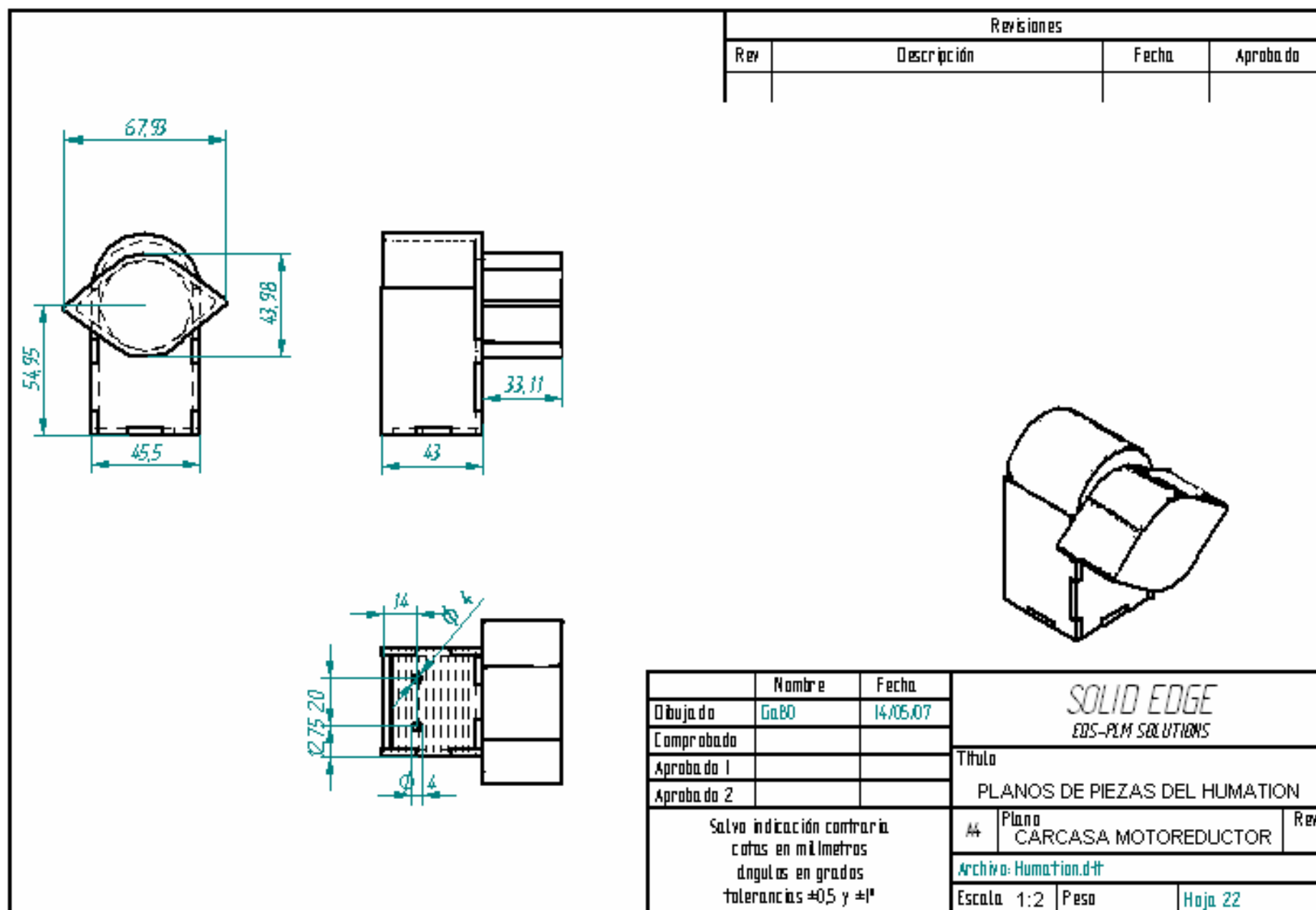
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

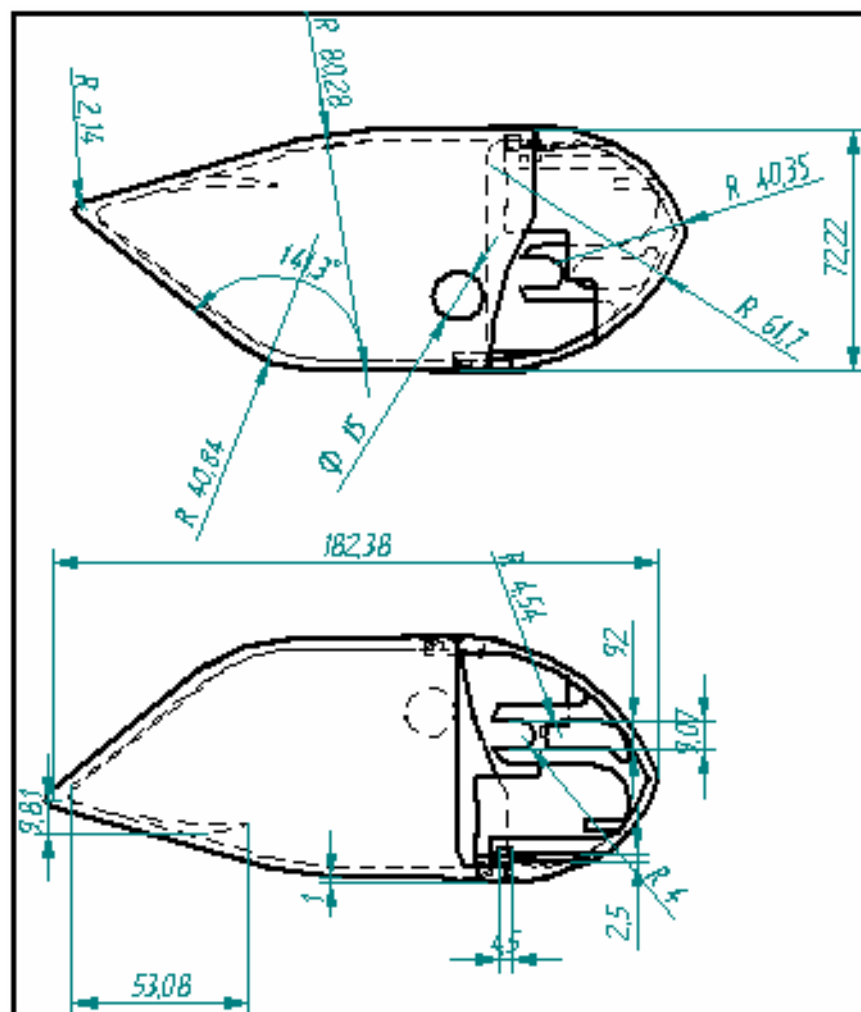


	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ca.80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano SOPORTE DRIVER 2 Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:1	Peso Hoja 19

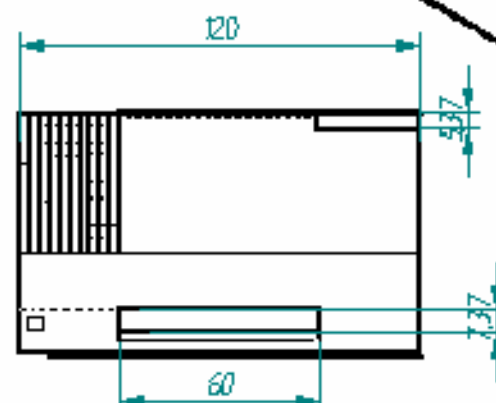
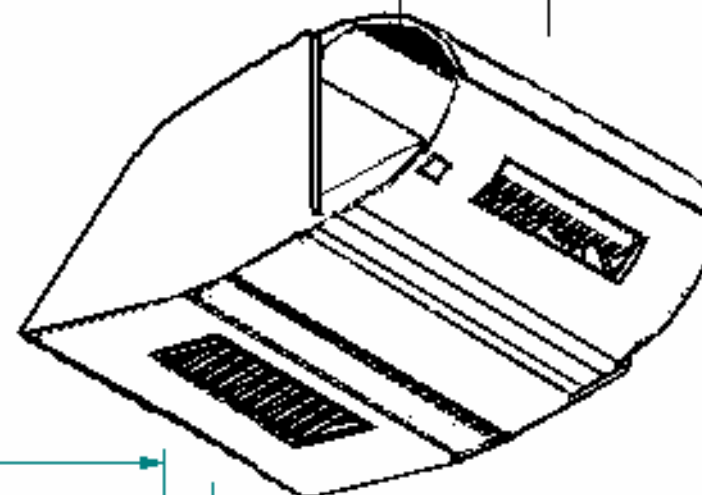




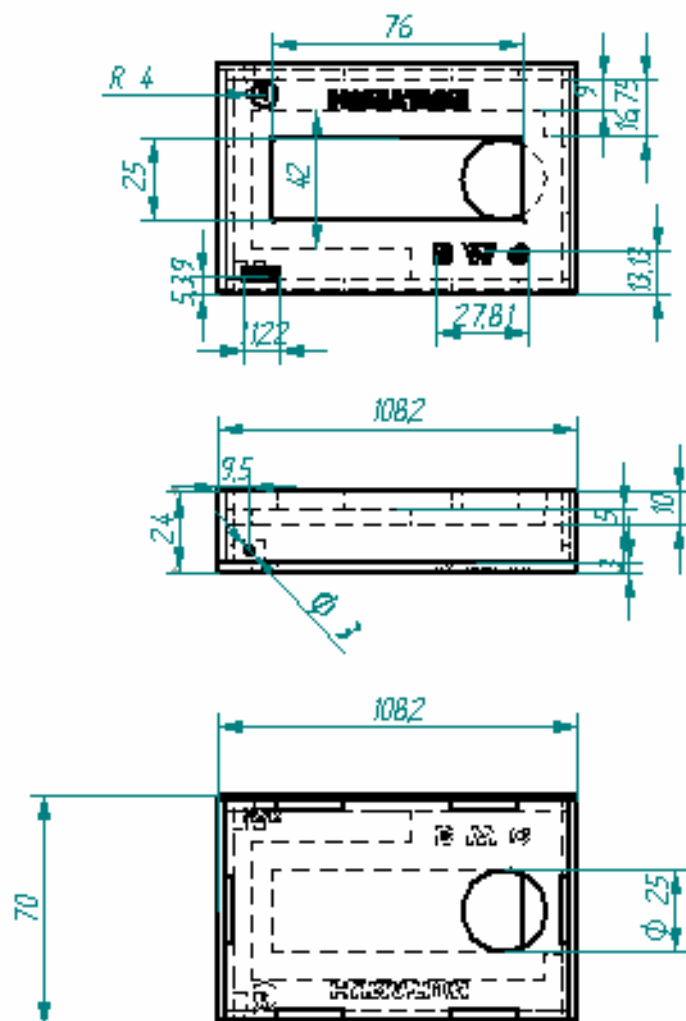




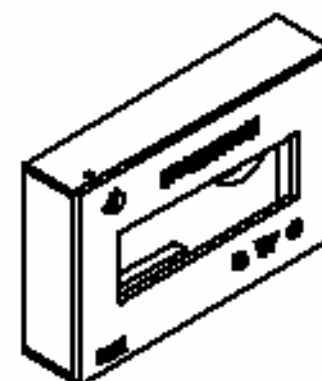
Revisión			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



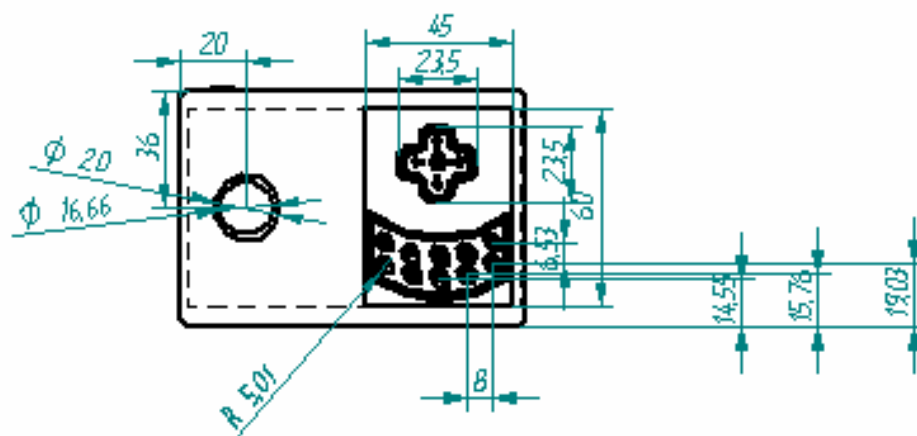
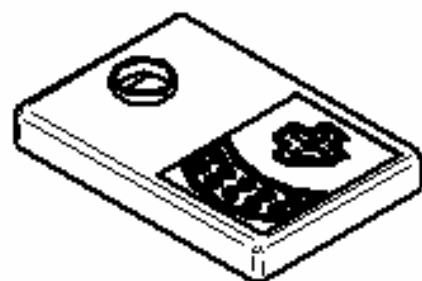
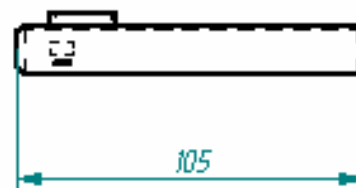
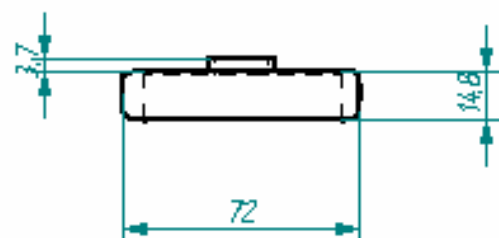
Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ga80		
Comprobado		Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A4 Plano CARCASA CONTROL ROTOR	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°		Archivo: Humation.dft	
		Escala 1:2	Peso Hoja 23



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



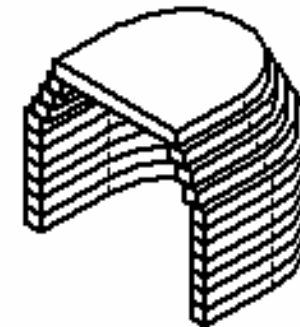
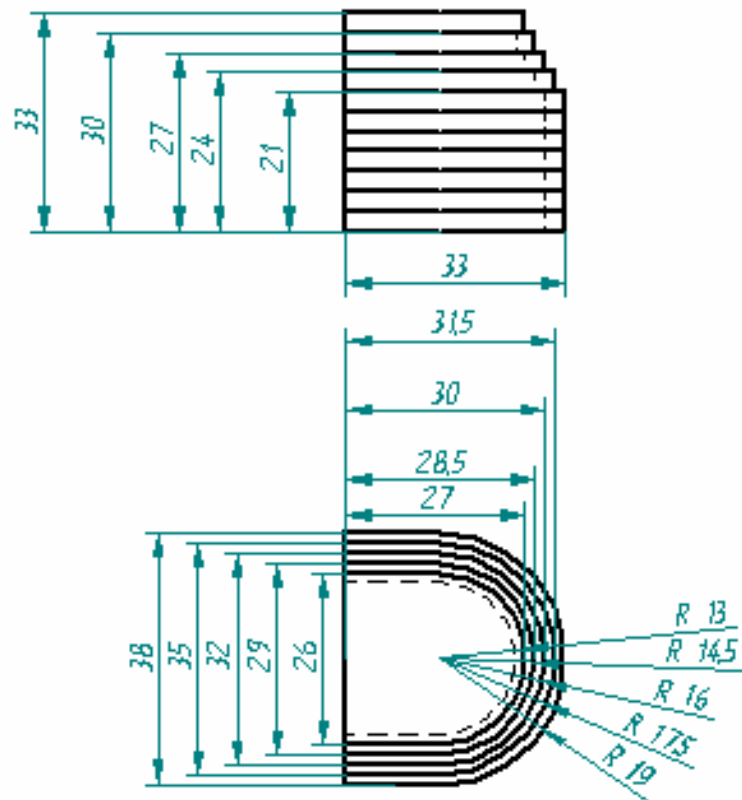
	Nombre	Fecha	<i>SOLID EDGE</i> <i>EDS-PLM SOLUTIONS</i>		
Dibujado	GaBO	14/05/07	Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION		
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$			AA	Plano CARCASA HMI LCD	Rev
			Archivo: Humation.dft		
			Escala 1:2	Peso	Hoja 25



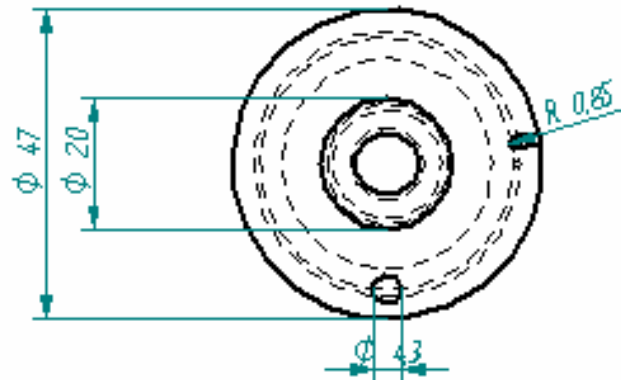
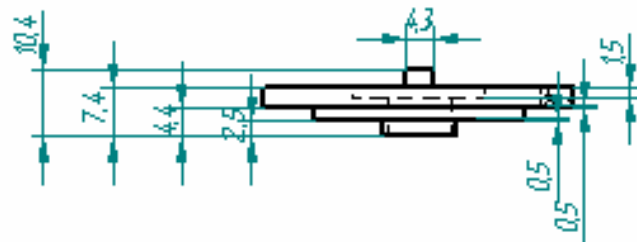
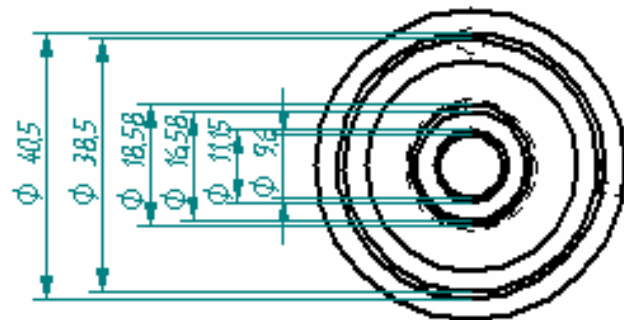
Revisi3nes			
Rev	Descripci3n	Fecha	Aproba da

	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ga80	14/05/07		
Comprabado			Título	
Aproba da 1				
Aproba da 2			PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Salvo indicaci3n contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1º			A4	Plano
			CARCASA HMI TECLADO	
			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:2	Peso
			Hoja 26	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

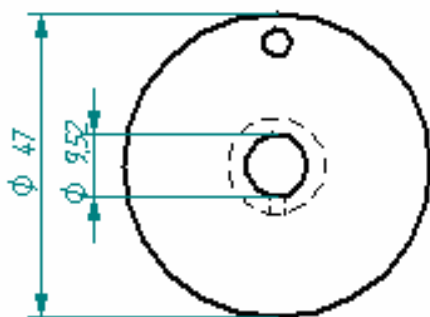
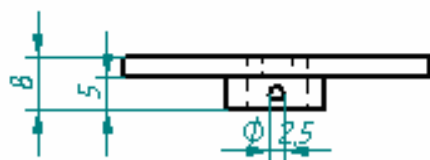
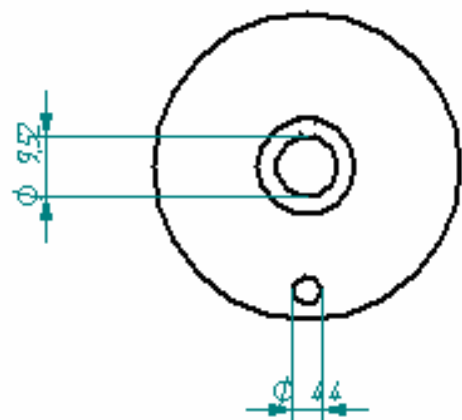


Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado: Ga80	14/05/07		
Comprobado		Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A4 Plano TAPA MOTORES ELECTRIFY Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$		Archivo: Humation.dft	
		Escala 1:1	Peso Hoja 27



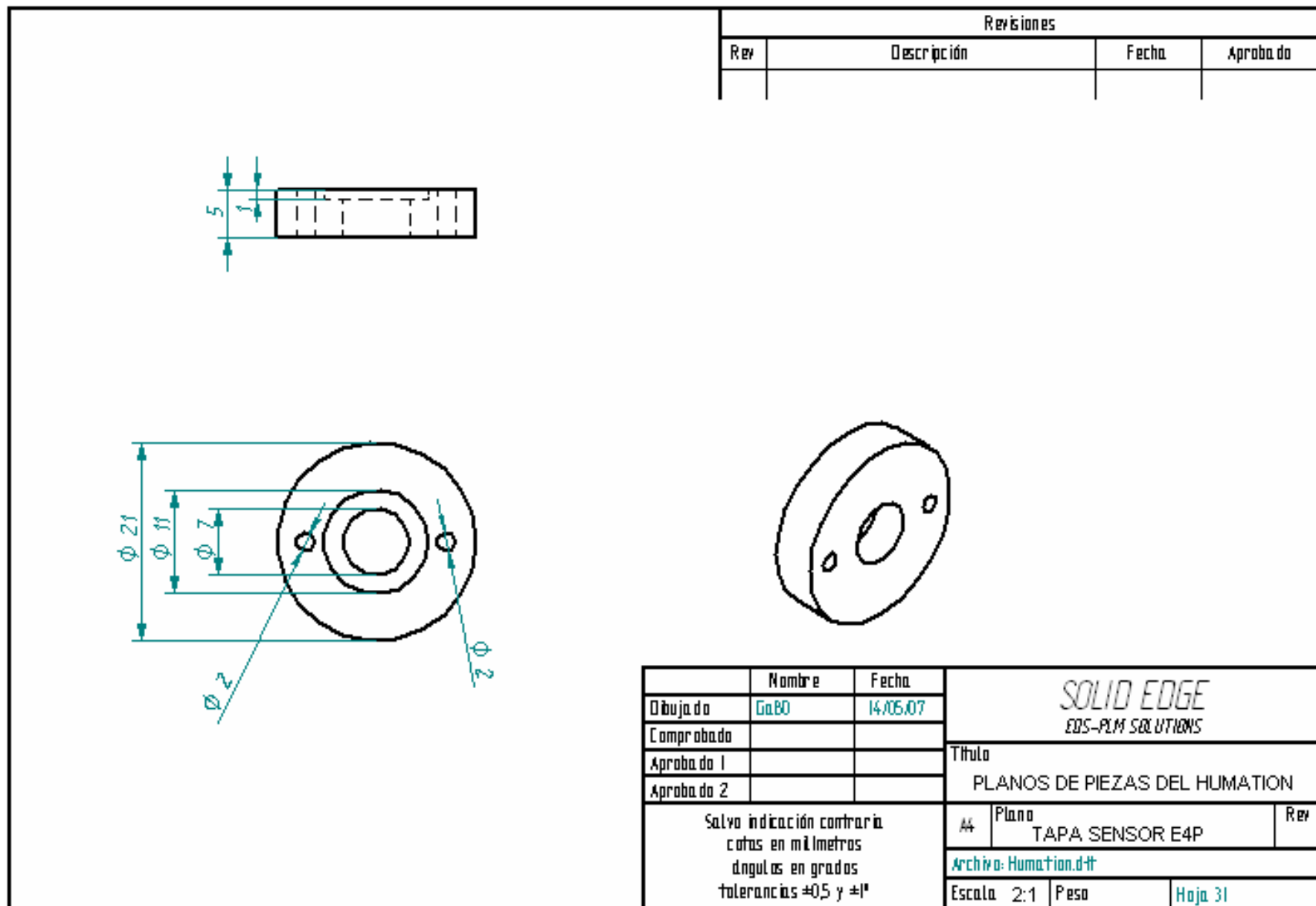
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

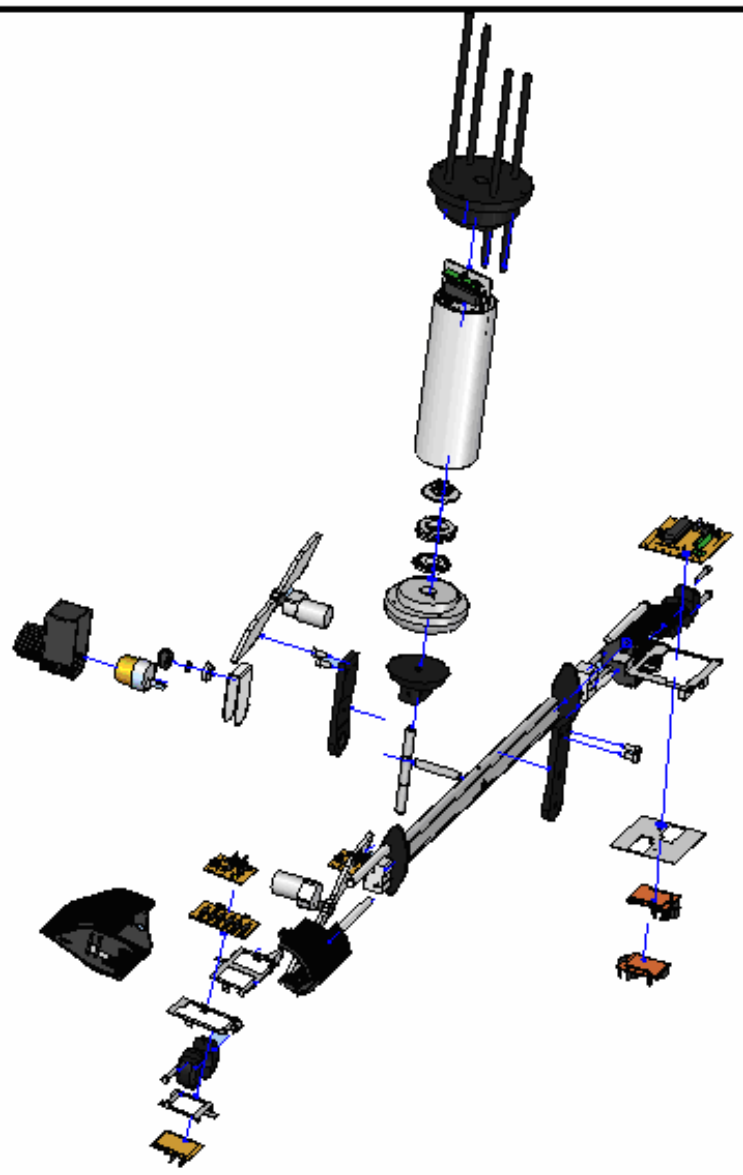
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Ga80	14/05/07		
Comprobado			Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Plano DISCO ALIMENTACIÓN 1 Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y ± 1			Archivo: Humation.dft	
			Escala 1:1	Peso Hoja 28



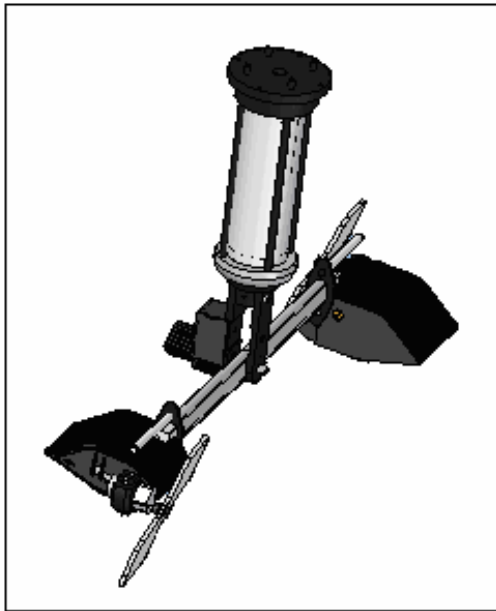
Revisión			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	14/05/07		
Comprobado		Título PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A4 Plano DISCO ALIMENTACIÓN 2 Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°		Archivo: Humation.dft	
		Escala 1:1	Peso Hoja 29

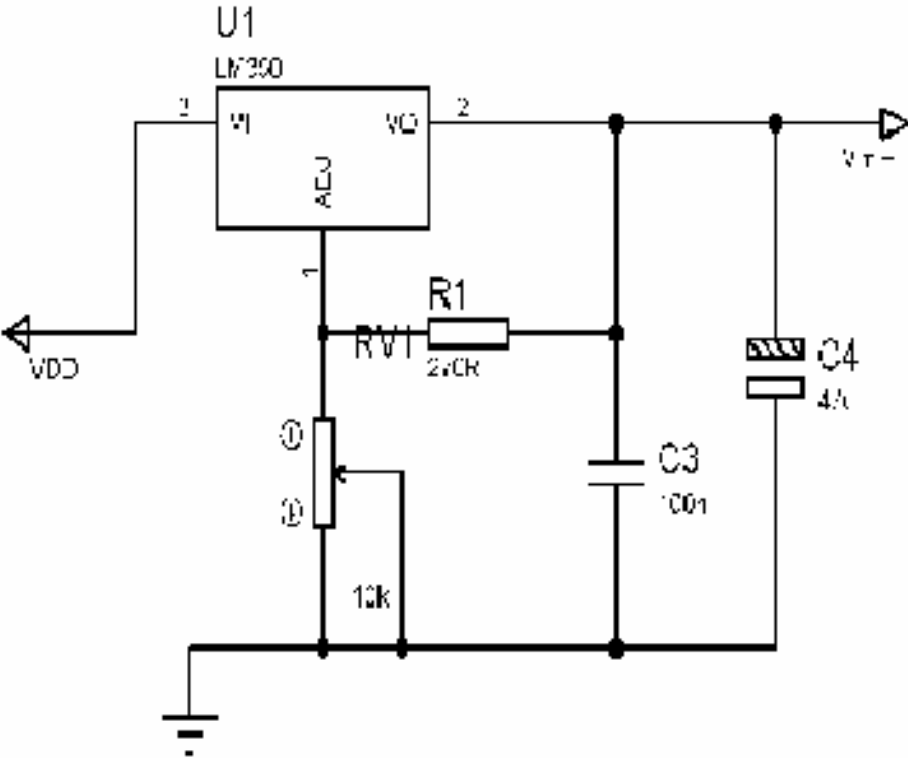




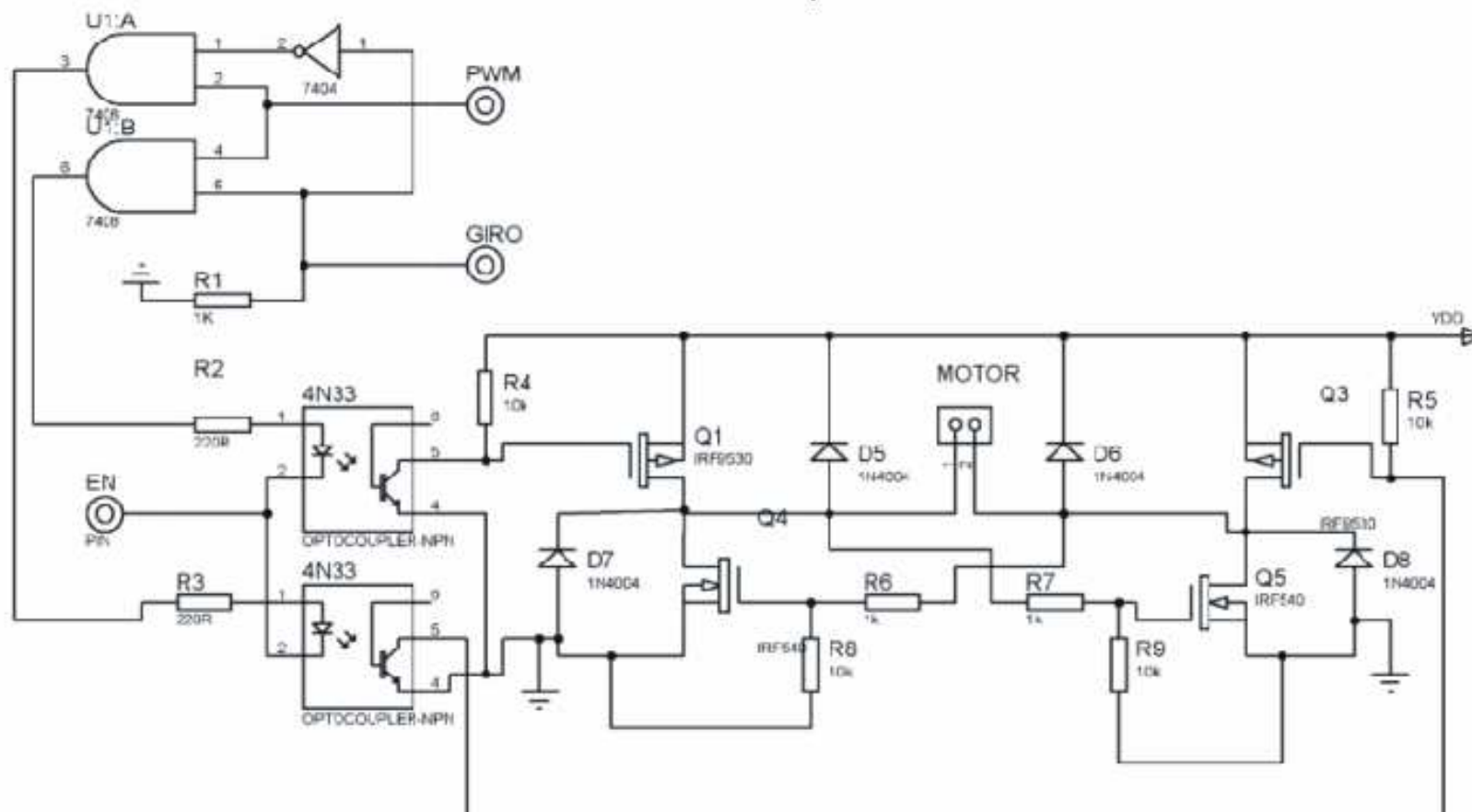
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



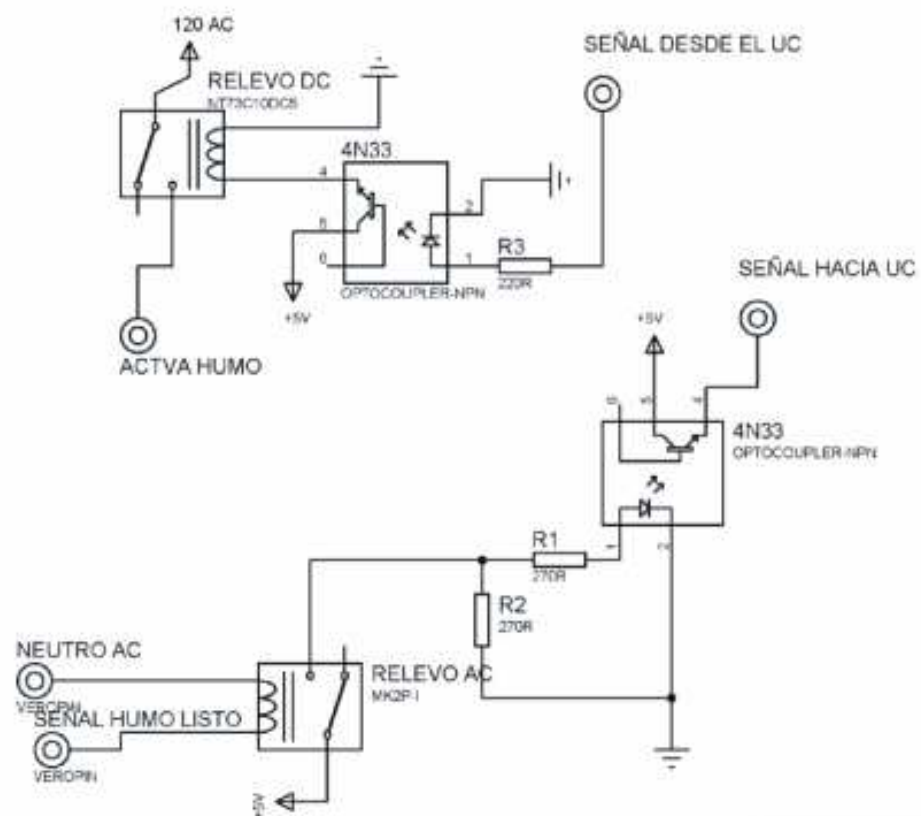
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS		
Dibujado	GA80	14/05/07	PLANOS DE PIEZAS DEL HUMATION		
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y ± 1			A4	Plano ENSAMBLE	Rev
Escala 1:1			Archivo: Humation.dft		
			Peso		



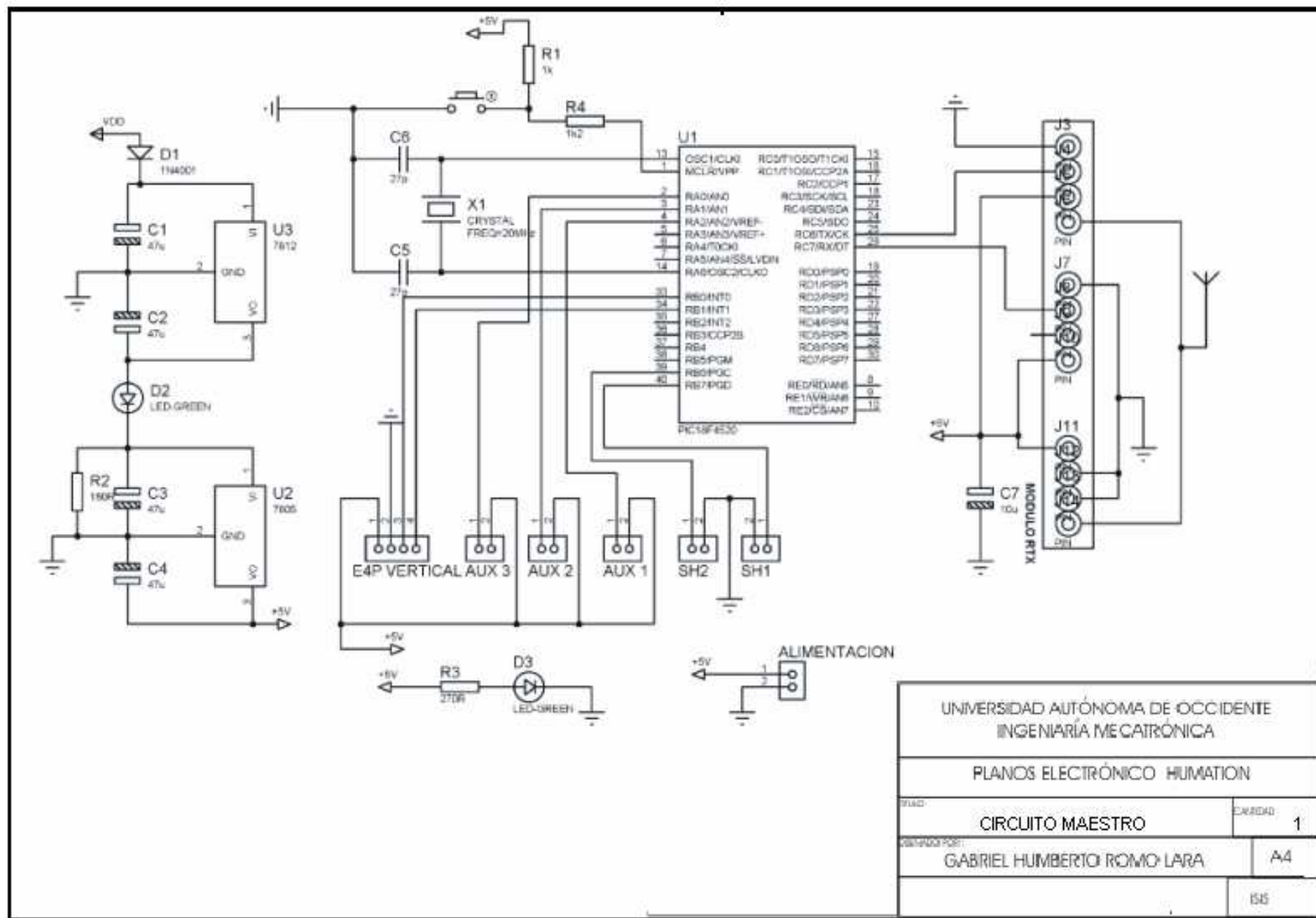
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE INGENIERÍA MECATRÓNICA	
PLANOS ELECTRÓNICO HUMATION	
REGULADOR MOTORES VERTICAL	CANTIDAD 2
DISEÑADO POR: GABRIEL HUMBERTO ROMO LARA	A4
ISIS	

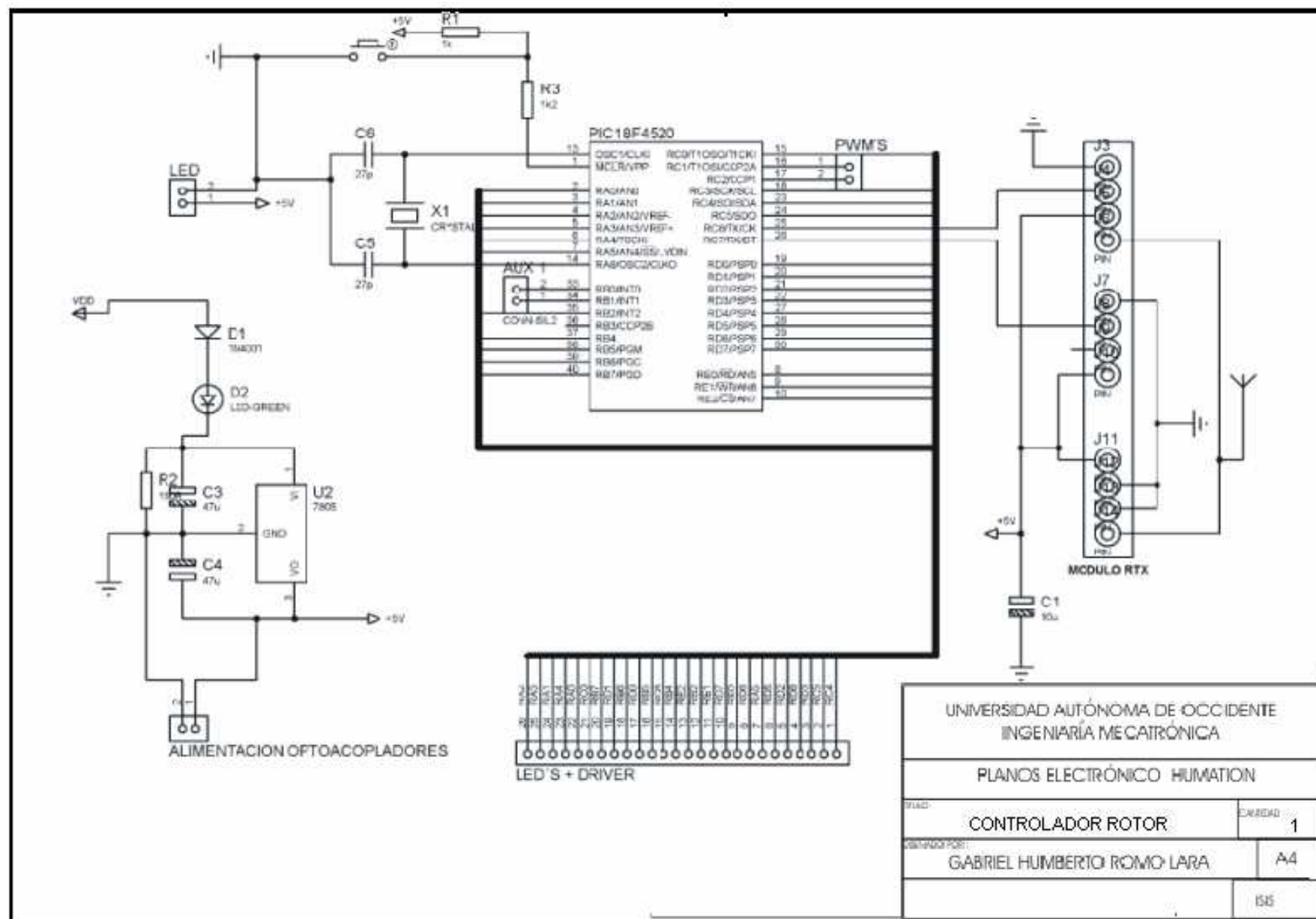


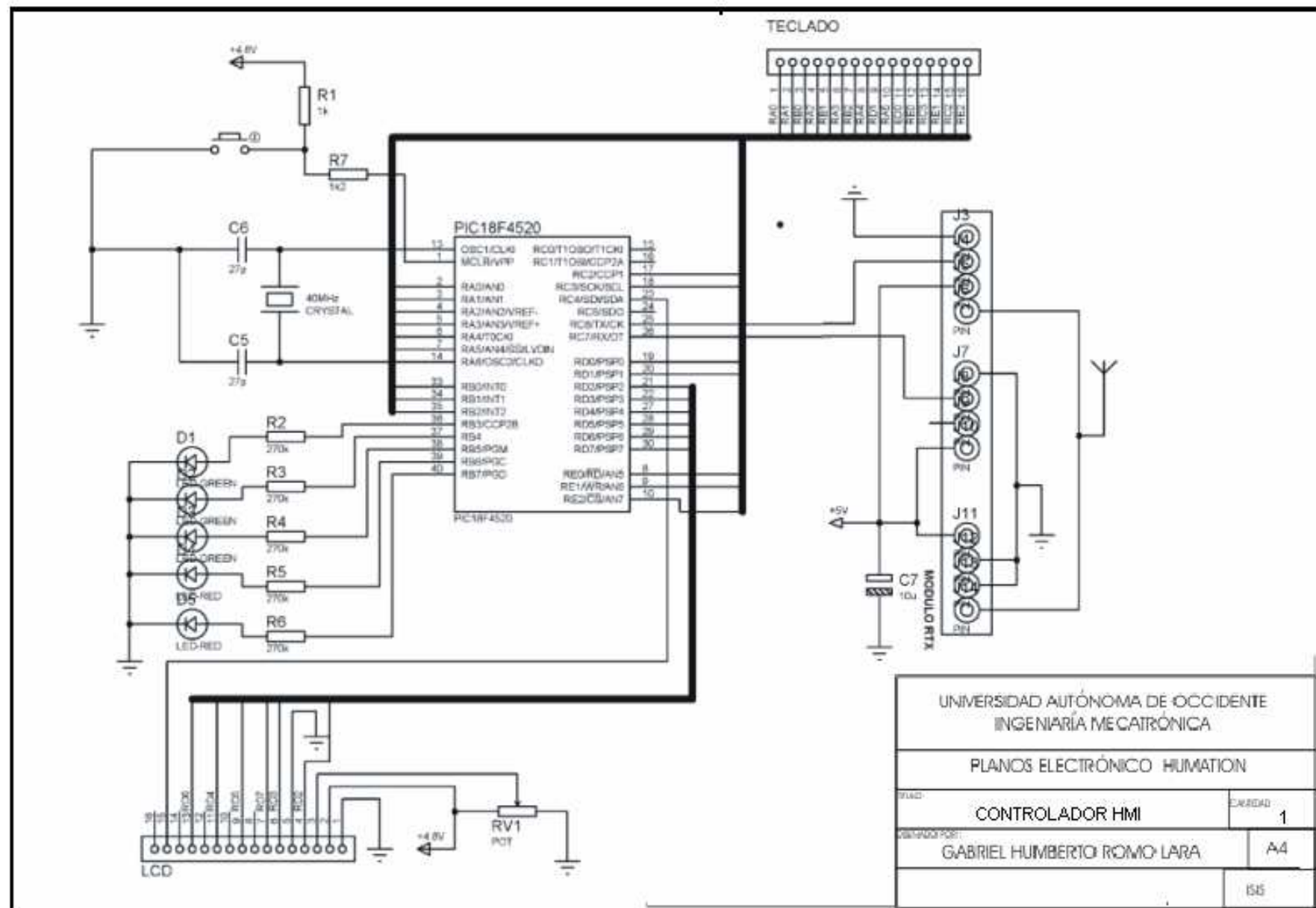
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	
INGENIERÍA MECATRÓNICA	
PLANOS ELECTRÓNICO HUMATION	
TÍTULO:	DRIVER MOTORES
CANTIDAD:	3
DISEÑADO POR:	GABRIEL HUMBERTO ROMO LARA
A4	
IS5	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	
INGENIERÍA MECATRÓNICA	
PLANOS ELECTRÓNICO HUMATION	
TÍTULO:	CIRCUITO RELEVOS
CANTIDAD:	1
DISEÑADO POR:	GABRIEL HUMBERTO ROMO LARA
ESCALA:	A4
155	







Anexos D : Datos de dispositivos.

E4P
OEM Miniature Optical Kit Encoder

Description:

The E4P miniature encoder is designed to provide digital quadrature encoder feedback for high volume applications with limited space constraints. The E4P version utilizes an innovative push-on hub disk assembly which accepts shaft diameters of 1.6mm to .250".

The E4P encoder is the leader for high quantity OEM applications, but the E4 is the ideal choice when a set-screw hub disk assembly encoder is required (see the E4 data sheet).

The E4P miniature encoder base provides mounting holes for two 3-48 x 1/4" or two 2.5mm x 6mm screws on a .586" bolt circle. When mounting holes are not available, a pre-applied transfer adhesive (with peel-off backing) is available for "stick-on" mounting.

The internal components consist of a precision machined aluminum hub and a encoder circuit board module.

The encoder cover is easily snapped onto the base and is embossed with the connector pin-out.

The E4P series encoder can be connected by using a (high retention 4-conductor snap-in polarized 1.25mm pitch) connector. Mating cables and connectors (see the Cables & Connectors data sheet) are not included and are available separately.

Features:

- > Low cost
- > Miniature size
- > Push-on hub - spring loaded collet design
- > Minimum shaft length of .375"
- > Fits shaft diameters of .059" to .250" (1.5mm to 1/4")
- > High retention snap-in polarized connector
- > Accepts $\pm .020"$ ($\pm .5mm$) axial shaft play
- > Off-axis mounting tolerance of .010"
- > Tracks from 0 to 60,000 cycles/sec
- > 120 to 300 cycles per revolution (CPR)
- > 480 to 1200 pulses per revolution (PPR)
- > 2 channel quadrature TTL squarewave outputs
- > -10° to +85°C operating temperature
- > Single +5V supply
- > Low power strobe option available
- > Adhesive option available
- > US Digital warrants its products against defects in materials and workmanship for two years. See complete warranty for details.

Mechanical Drawing:

The drawing includes three views: a top view showing a circular base with a central hole of diameter .40 and four mounting holes spaced 60° apart on a .586" bolt circle; a side view showing the encoder's profile with dimensions .852, .824, .114, .324, .453, .095, and .744; and a front view showing the connector pin 1 and the H Option Thru Hole. It also specifies # 3-48 x 1/4 screws, Qty 2 Supplied, and an M Option Substitute M2.5 x 6.

An exploded view diagram showing the main encoder body, the connector, the hub disk, and the protective cover, illustrating how they fit together.

US DIGITAL

info@usdigital.com ■ www.usdigital.com

Local: 360.260.2468 ■ Sales: 800.738.0194

Support: 360.397.9999 ■ Fax: 360.260.2469

1400 NE 136th Ave. ■ Vancouver, Washington ■ 98684 ■ USA

page
1

E4P

OEM Miniature Optical Kit Encoder

Options:

H-option (Hole In Housing):

The H-option adds a hole to the housing for the shaft to pass through.

L-option (Low Power Strobe):

To reduce the average power requirements, the L-option version of the E4P power can be strobed on just long enough to sample outputs A and B. This option is the same as our standard E4P, except the internal power bypass capacitor is not installed. The outputs settling time is typically 200 to 400 nano seconds after power up. The minimum sample frequency must be less than the maximum RPM X the CPR / 10.

M-option (Metric Mounting Screws):

Provides alternate metric 2.5mm x 6mm screws. When M-option is NOT specified the default is 3-48 x 1/4" screws.

T-option (Transfer Adhesive):

When mounting holes are not available, a pre-applied transfer adhesive (with peel-off backing) is available for "stick-on" mounting. Use the centering tool to position the base. T-option specifies transfer adhesive.

Mechanical Specifications:

Parameter	Dimension	Units
Moment of Inertia	3.0×10^{-6}	oz-in-s ²
Mounting Screw Size	#3-48 x 1/4"	
M-option Screw Size	2.5mm x 6mm	
Screw Bolt Circle Diameter	.588 ± .002	in.
Required Shaft Length*	.375 to .395	in.

* Includes axial play.

Electrical Specifications:

For complete details see the AEDR data sheet.

Phase Relationship:

A leads B for clockwise shaft rotation, and B leads A for counterclockwise rotation viewed from the cover/label side of the encoder (see the AEDR data sheet).

Absolute Maximum Ratings:

Parameter	Min.	Max.	Units
Vibration (5 to 2kHz)	-	20	g
Shaft Axial Play	-	±.020	in.
Off-Axis Mounting Tolerance	-	.010	in.
Acceleration	-	250,000	rad/sec ²
Storage Temperature	-40°	85°	°C
Relative Humidity	-	90	%

Torque Specifications:

Parameter	Torque
Base to Mounting Surface	2-3 in.-lbs.

Compatible Cables & Connectors:

4-pin Micro:	
CON-MIC4	Connector
CA-3285-1FT	Connector on one end with 4 12' wires
CA-3286-8FT	Connector on one end of a 6' round twisted pair cable

Attention:

> Specify cable length when ordering.
> Custom cable lengths are available. See the Cables / Connectors data sheet for more information.

> The connector built into the encoder is Molex# 53048-0410.
> The mating connector is made up of housing (Molex# 51021-0400) and 4 individual crimp-on pins (Molex# 50079-8100).
> Special crimp tool (Molex# 50079) is needed to install connector pins.

Pin-out:

Pin	Description
1	+5VDC power
2	A channel
3	Ground
4	B channel



info@usdigital.com ■ www.usdigital.com
Local: 360.260.2468 ■ Sales: 800.736.0194
Support: 360.397.9999 ■ Fax: 360.260.2469
1400 NE 136th Ave. ■ Vancouver, Washington ■ 98684 ■ USA

page
2

Datos generales microcontrolador PIC 18F4520



MICROCHIP

PIC18F2420/2520/4420/4520

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.8 μ A, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A
- Two-Speed Oscillator Start-up

Peripheral Highlights:

- High-current sink/source 25 mA/25 mA
- Three programmable external interrupts
- Four input change interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave Modes
- Enhanced Addressable USART module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN 1.2
 - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
 - Auto-Wake-up on Start bit
 - Auto-Baud Detect
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D):
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
- Dual analog comparators with input multiplexing

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4X Phase Lock Loop (available for crystal and internal oscillators)
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Special Microcontroller Features:

- C compiler optimized architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 years typical
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- Programmable 16-level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)
 - With software enable option

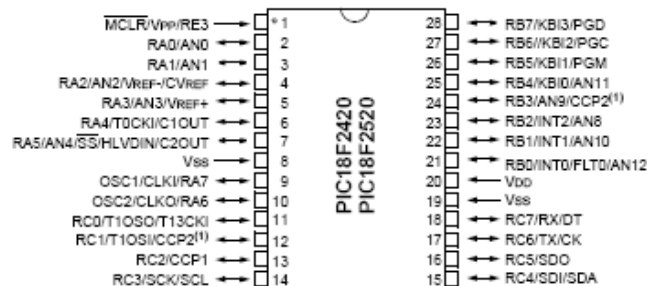
PIC18F2420/2520/4420/4520

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C			
PIC18F2420	16K	8192	768	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2520	32K	16384	1536	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4420	16K	8192	768	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4520	32K	16384	1536	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

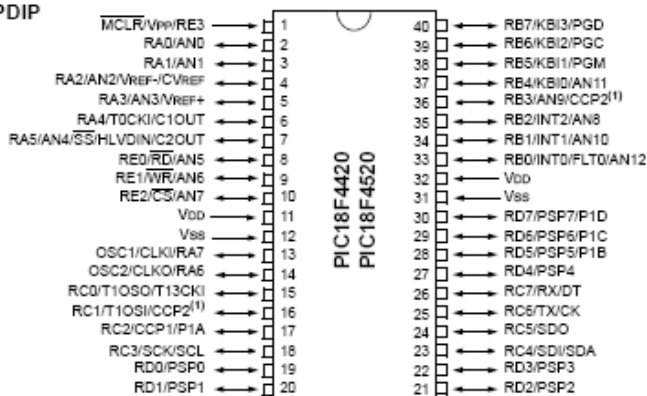
PIC18F2420/2520/4420/4520

Pin Diagrams

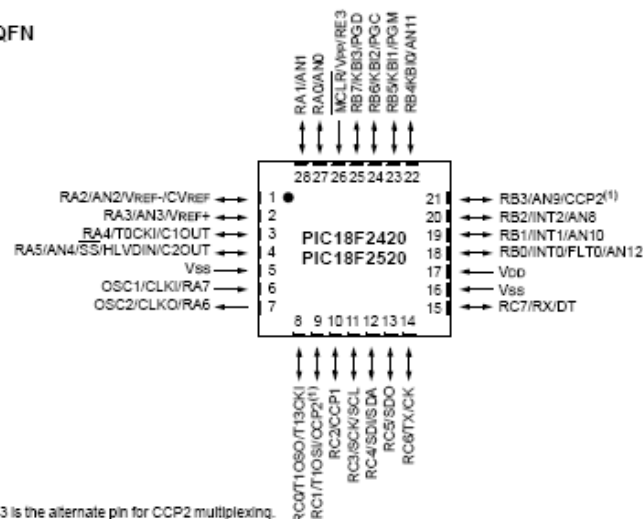
28-pin PDIP, SOIC



40-pin PDIP



28-pin QFN



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

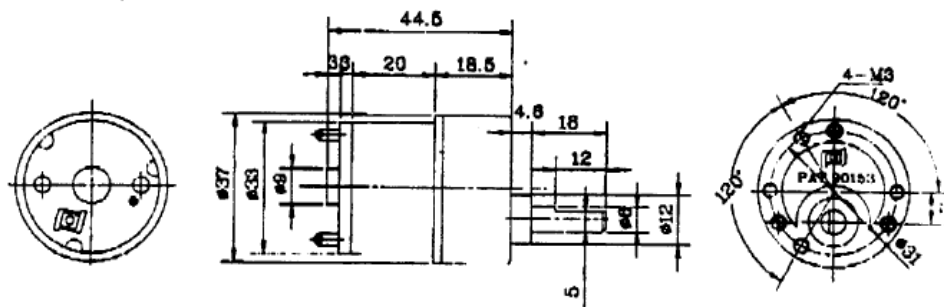
Datos Moto reductor Hsang neng SPECIFICATION SHEET

DATE: AUG. 29, 98
NO. : SS98082909
PAGE: 1/2

CUSTOMER NAME :
TYPE: HN-GH35GMB TYPE
MODEL NO. : HN-GH12-1926Y
CUSTOMER PART NO.:

Jameco Part Number 155862

I. OUTER DIMENSIONS :



II. GEAR RATIO : 60:1

TYPE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
RATIO	6	10	18	30	50	60	75	90	100	150	180	300	500	810	900	1000	1500	3000
DIM "L". MM	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	24	24	24	24	24	24	24	26	26
EFF %	81	81	73	73	66	66	66	66	66	59	59	59	59	53	53	53	48	48
ALLOWABLE TORQUE kg-cm	0.7	0.7	1.0	1.3	2.3	3	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6

SPECIFICATION SHEET

DATE: AUG.29,98
NO. : SS98082909
PAGE: 2/2

CUSTOMER NAME :
TYPE: HN-GH35GMB TYPE
MODEL NO. : HN-GH12-1926Y
CUSTOMER PART NO.:

III. SPECIFICATIONS :

1. RATED VOLTAGE : DC 12
2. DC VOLTAGE OPERATING RANGE : DC 4.5 - 12V
3. TORQUE(LOAD) AT MAXIMUM EFFICIENCY : 1.0 Kg-cm
4. STALL TORQUE : 5 Kg-cm
5. NO LOAD SPEED: 100 RPM \pm 10%
6. SPEED AT MAXIMUM EFFICIENCY(UNDER LOAD AT 1.0 Kg-cm): 70 RPM \pm 10%
7. NO LOAD CURRENT : 60 mA
8. CURRENT AT MAXIMUM EFFICIENCY(UNDER LOAD AT 1.0 Kg-cm) : 300 mA
9. SHAFT END PLAY : 0.8 M/M
10. STARTED TORQUE : 5 Kg-cm
11. INSULATION RESISTANCE : 10 M OHM
12. DIELECTRIC STRENGTH : 300V DC
13. GEAR RATIO: 60:1